

Pirkko Pääkkö

# Testijärjestelmän sähköistys

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Sähkövoimainsinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

5.5.2014

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Pirkko Pääkkö Testijärjestelmän sähköistys 51 sivua + 1 liite 5.5.2014
Tutkinto	sähkövoimainsinööri (AMK)
Koulutusohjelma	teollinen tuotanto
Suuntautumisvaihtoehto	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Test Engineer, Jarkko Ratamaa lehtori, Katriina Schrey-Niemenmaa
<p>Tässä insinööriyössä on tutkittu UPS-laitteistoa. General Electric Healthcare Oy:n testi-suunnitteluosasto on hankkinut UPSin ja sen taakse laitteiston tutkimuskäyttöön. Genesis Platform on projekti, jonka yhtenä tehtävänä on kehittää maailmanlaajuinen häiriötön testijärjestelmä niille tuotantolinjoille, joissa valmistetaan terveydenhuollon laitteita, kaikissa maailman toimipisteissä. Testijärjestelmissä ei ole eroja toimipisteiden välillä, mutta paikallisissa sähköjakelujärjestelmissä on eroja.</p> <p>Työn tarkoitus oli Helsingin toimipisteeseen hankitun UPSin soveltaminen testijärjestelmien käyttöön ja oikeanlaisen sähkönsyöttöliitännän valitseminen, joka toimisi maailman erilaisilla nimellisjännitteillä erilaisissa sähköverkoissa. Oikeanlaisen UPSin löytämiseksi vertailussa on käytetty Eaton ja Tripp Lite-moduulia.</p> <p>Lopputuloksena saatiin määriteltyä UPS-laite, joka sopii kaikille yrityksen valmistuslinjoille maailmanlaajuisesti. Tutkimustyön aikana tutustuttiin hyvin UPSiin. Työssä ei käsitellä testausta tai tuotantoa tarkemmin, johon UPS-laite otetaan käyttöön. Työssä selvisi, millaisia vaatimuksia ja vastuita laitevalmistajalla on sähköverkon käyttäjänä ja laitteiden tuottajana markkinoille.</p>	
Avainsanat	UPSin käyttöönotto ja valitseminen

Author	Pirkko Pääkkö
Title	Test System Electrification
Number of Pages	51 pages + 1 appendice
Date	5 May 2014
Degree	Bachelor of engineering
Degree Programme	Electrical engineering
Specialisation option	Electrical power engineering
Instructors	Jarkko Ratamaa, Test Engineer Katriina Schrey-Niemenmaa, Senior Lecturer
<p>This thesis researches the UPS-apparatus. General Electric Healthcare's design testing department acquired the UPS-apparatus for research purposes. Genesis Platform is a project, the task of which is to develop a global and trouble-free testing system for production lines for the manufacture of medical devices. Testing systems have no differences between offices, but the local electrical power distribution systems have several differences.</p> <p>The goal of this study was to apply the UPS-apparatus into use on the test systems and to find the right kind of interface for electric power input into different international tensions and electrical network. The Eaton- and the Tripp Lite-module have been utilized for the research of the right kind of UPS. The UPS's necessity was researched by gathering information concerning different countries electrical circumstances and climate conditions. The study includes information about interrupts of electricity power input and problems behind them.</p> <p>The end result is a definition of UPS for all work that fits the company's production lines worldwide. During the study, the UPS was well acquainted with. This study does not deal with the production or testing of systems to which the UPS is put into use. This thesis found out information about the demands and responsibilities of an electrical network user and a manufacturer of medical devices on the market.</p>	
Keywords	commissioning UPS, selecting

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	General Electric Healthcare -yritys ja Genesis Platform -projekti	2
2.1	General Electric Healthcare -yritys	2
2.2	Projektin ja laitteiston nimi on Genesis Platform	2
2.3	General Electric Healthcaren testijärjestelmä ja Genesis Platformin -laitteisto	3
3	Genesis Platform -laitteiston kokoonpano	8
4	UPSin valintaan vaikuttavat asiat	13
4.1	UPSin topologian valinta	15
4.2	UPSin akun varakäyntiaika	16
4.3	Genesis Platform -laitteiston verkkoliitäntä	18
5	Sähköverkkojärjestelmät	21
5.1	Sähkönjakelujärjestelmien jänniteportaat	21
5.2	Pienjännitteet sähkönjakeluverkostoissa	22
5.3	Jännitetason muuntaminen vaarattomalle tasolle, pienoisjännite	24
5.4	Sähkön vaihejärjestelmät ja maadoitustavat	25
5.5	Sähkölaitteiden suojaaminen ylivirroilta	27
5.6	Eristeen DWV läpilyöntilujuus	28
5.7	Sähköiskun vaikutukset ihmiselle	29
5.8	Sähköhäiriöitä jakeluverkoissa ja elektroniikkalaitteissa	31
6	Tarkastukset ja päätökset Genesis Platformille	38
6.1	Sähköturvallisuustarkastus Genesis Platform -laitteistolle	39
6.2	MOC-tarkastukset Genesis Platform -laitteistolle	42
6.3	Sähkön syötön yhdistäminen UPS-laitteeseen	44
6.4	Yhteenveto	47
6.5	Lähteet	50
6.6	Lyhenteet	51
Liite 1	Genesis Platformin kokoonpanoon liittyvää tietoa	

## 1 Johdanto

Työn teettäjä on General Electric Healthcaren testaussuunnitteluosasto Helsingin Vallilassa. General Electric on kansainvälinen monialayritys jolla on toimintaa kuudella eri toimialalla ympäri maailmaa. Yksi toimialoista on terveydenhuollon ja -hoidon teknologiaan keskittynyt GE Healthcare. GE Healthcaren Helsingin toimipisteessä on anestesija- ja tehohoidonlaitteiden valmistuslinja sekä tuotekehitysosasto. General Electric Healthcaren toimintaan liittyy muutakin terveydenalan tekniikkaan Pohjoismaissa kuten kuvantamislaitteet.

Tässä opiskelutyössä käsitellään enemmän Helsingin toimipisteen laitevalmistuksessa tarvittavien kalustettujen piirilevyjen testausta ja testauksiin liittyviä testijärjestelmiä. Testausjärjestelmille mietittiin laitekoonpanoa, joka saa sähkönsyötön UPSin kautta.

Helsingissä tuotanto on moduulivalmistusta. Moduulit ovat pieniä ja monitoimisia laitteita, joihin kalustetut piirilevyt tulevat. Korttitestien lisäksi moduulit käyvät läpi valmistusprosessin aikana monenlaisia testejä tuotantolinjoilla ja testilaboratorioissa. Insinöörityössä on tutkittu testauksia yleisesti ja kalustettujen piirilevyjen testilaitteistoa.

Genesis Platform on testijärjestelmien kehitysprojekti. Projektissa tukitaan ja etsitään ratkaisuja testijärjestelmien häiriöttömälle sähkönsyötölle. Työssä tutkitaan sitä millainen UPS-järjestelmä olisi sopivin kaikkiin toimipisteisiin globaalisti. Sähköisiä olosuhteita tarkasteltiin eri mantereilla, Euroopassa, Aasiassa, Afrikassa ja Australiassa sekä Yhdysvalloissa.

Normaalisti testilaitteet saavat sähkönsyötön verkosta muuntajan ja tasasuuntaajien kautta. Sähkökatkoksiin voidaan varautua jos yrityksellä on olemassa varajärjestelmiä. Helsingissä UPSia ei tarvita, koska yrityksen tiloissa on varajärjestelmiä, joita voi hyödyntää pidemmissä sähkökatkoksissa. Lyhyitä sähkökatkoksia ei aina ehdi huomata ennen kuin ennen kuin ne ovat aiheuttaneet vahinkoa testituloksille. Työn tarkoitus oli selvittää sähkönsyöttö ja sähköturvallisuus testijärjestelmille. UPSin näennäistehoksi valittiin 5 kVA - 6 kVA, nimellisjännitealueella 100 V - 250 V.

## 2 General Electric Healthcare -yritys ja Genesis Platform -projekti

### 2.1 General Electric Healthcare -yritys

General Electricin historia alkoi hehkulampusta. Hehkulamppu oli saksalaisen Heinrich Göpel keksintö. General Electricin perustaja Thomas Edison jatkoi hehkulampun kehittämistä ja hankki sille patentin. Edison perusti General Electric yrityksen vuonna 1878. Yritys perustettiin valmistamaan hehkulamppuja tuotannossa ja jatkamaan niiden tuotekehitystä.

Suomessa perustettiin yritys nimeltään Oy Instrumentarium AB, 22 vuotta myöhemmin, kuin General Electric perustettiin (vuonna 1900). Yrityksen perusti lääkäriyhmä, joka ajatteli Suomen tarvitsevan omaa tuotantoa terveydenhuollon tuotteille. Aluksi Instrumentariumin agenttuuriin kuului vain terveydenhuollon tuotteiden maahantuonti, joka sisälsi perustarvikkeita; sideharsoja, pinsettejä ja suonipihtejä. Teollistatuotantoa ei silloin ollut Suomessa. Siihen aikaan Suomessa valmisti lääkinnällisiä instrumentteja instrumenttimaakarit käsityönä pienissä pajoissa. [1, s. 13.]

Instrumentarium siirtyi maahantuonnista optiikkaan ja sairaalakalusteisiin. Instrumentariumin perusti tytäryhtiön Datex Oy vuonna 1969. Uusi yritys perustettiin kehittämään ja valmistamaan terveydenhuollon laitteita teollisesti Suomessa. Datex Oy:n ensimmäinen laite oli hiilidioksidimonitori. Datex Oy hankki omistukseensa kilpailevan yrityksen Yhdysvalloista vuonna 2000. Yritysoston jälkeen nimeksi tuli Datex-Ohmeda. General Electric hankki Datex-Ohmedan omistukseensa vuonna 2003.

### 2.2 Projektin ja laitteiston nimi on Genesis Platform

Genesis sanaa on käytetty monissa yhteyksissä kautta aikojen. Ensimmäisen Mooseksenkirjan yhteydessä Genesis mainittiin uuden syntynä. Genesis on suomalaisen terveydenhuollon lyhenne GeNeSis. Edellä mainittu kirjainlyhenne tarkoittaa geriatriasta, neurologista ja sisätautien klinikoita. Genesis nimeä käytetään mahtikokoisesta riskiteijästä puhuttaessa (laivaan mahtuu 5 400 matkustajaa). Genesis on tekniikanalan kirjasarjan ja rock/pop -yhtyeen nimi.

Genesis on lisäksi NASAn avaruusluotain, joka haki näytteitä aurinkotuulesta. Genesis Platform on General Eletrical Healthcaren testijärjestelmän kansainvälinen kehitysprojekti ja siihen liittyvän laitteiston nimi.

### 2.3 General Electric Healthcaren testijärjestelmä ja Genesis Platformin -laitteisto

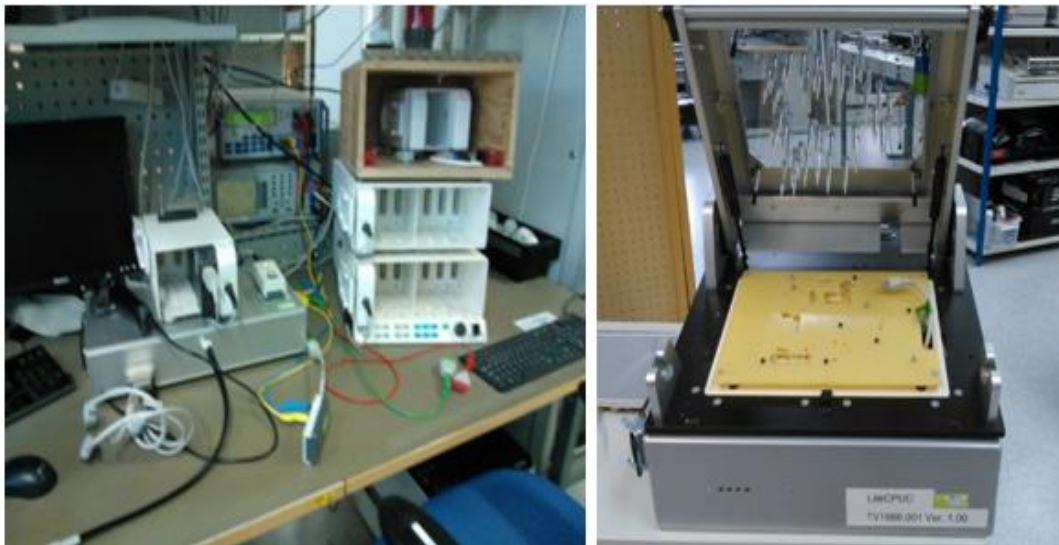
Helsingin tuotannossa valmistetaan anestesia- tai tehohoitolaitteita moduuleina. Anestesia-laitteet mittaavat kaasujen virtauksia ja koostumuksia leikkaussaleissa ja tehohoitoyksiköissä. Moduulit sisältävät toimintoja, jotka vastaavat ihmiskehossa tapahtuvia reaktioita. Jännitteiden, virtojen ja taajuuksien avulla mallinnetaan ja simuloidaan ihmiskehon tapahtumia ja toimintoja. Mallina voi olla ihmisen hengityksen tai sydämen sykkeen taajuus tai keuhkotilavuudet ja kaasujen virtaukset ihmisen hengityksessä. Ihmistä ikään kuin testataan nukutuksessa ja toimenpiteen aikana, vertailemalla ihmisestä saatuja tietoja etukäteen asetettuihin parametreihin. Moduulien testaus toimii samankaltaisesti. Testaukset perustuvat, etukäteen varmennettuun oikeaan tietoon vertaamiseen.

Moduulit testataan monissa vaiheissa laitevalmistuksessa. Yksi testausvaiheista on tähän insinööriyöhön liittyvä, moduuleihin menevien kalustettujen piirilevyjen testaus. Piirilevyihin on integroitu lukuisia sähköisiä toimintoja. Valmiit oikein toimivat moduulit konfiguroidaan sairaaloiden tilaamiin systeemeihin sopiviksi lisälaitteilla ja liitännöillä. Moduulille tehdään toiminnallisia testauksia ja vertailutestejä. Ne kalibroidaan toimimaan potilaskäytön vaatimien parametrien mukaan. Testauksilla tarkistetaan, että kortti ja sen komponentit toimivat oikein.

Testauksissa kalibroidaan monitorinäyttö eli se missä muodossa tieto näkyy monitorilta sairaalassa. Se ei ole sama asia kuin testauksen aikana seurataan monitorilta missä vaiheessa testi on menossa ja miten testaus onnistuu. Testerin monitorinäyttö ei ole niin tarkasti standardisoitu kuin lääkinnällinen monitorointi sairaalassa. Monitorinäytölle on omat standardinsa, jotka määrittelevät kuvaruudun värit, kirjaskoot ja kuvien värisävyt. Kaikki terveydenhoitoon liittyvä tieto pyritään näyttämään ihmissilmän kontrastiin sopivana ja yksiselitteisenä näkymänä monitorilla. Sen tiedot sisältyvät DICOM standardeihin, joita ei tässä työssä käsitellä.

Ihmisen terveydentilasta saadaan tietoa teknologian avulla. On tärkeää, että tieto säilyy oikeanlaisena kaikissa testauksissa alusta loppuun.

Esitestauksilla löydetään komponenttiviaat, katkokset, väärin kytkennät ja työvirheet. Kuvassa 1 esitetään vasemmalla suurjännitetestaus- ja oikealla korttitestauslaite. Kuvan oikeanpuolimmainen laite tulee liitettäväksi Genesis Platform -laitteistoon. Suurjännitetestaus eli *HiPot*-testi tehdään valmiille moduuleille. Suurjännitesteillä varmennetaan laiteturvallisuutta.



Kuva 1. Laitteen suurjännitetestaus on kuvassa (*HiPot*) vasemmalla ja kalustetun piirilevyn testilaite on oikealla. Kuvassa oikeanpuoleisen laitteen kannessa näkyvät mittauspiikit kohdistetaan siihen kohtaan mistä mittaus suoritetaan

Kuvassa 1 esitetään kolmea eri esitestilaitetta. Vasemmalla puolella kuvataan laitetestauksessa käytettävää virtausmittauslaitetta ja siihen kuuluvaa mittausräkkiä. Testattava moduli kiinnitetään räkkiin. Räkin yläpuolella on puinen kotelo suurjännitetestaus varten. Oikealla kuvattiin korttitestilaitetta. Korttitestilaitteita on erilaisilla mittausparametreilla. Testisuunnitteluosastolla nimetään nämä laitteet "*testifixture*". Testifixturet rakennetaan standardiliitännöillä. Kotelointi on alumiinia. Kotelon koko valitaan tarpeen mukaan.

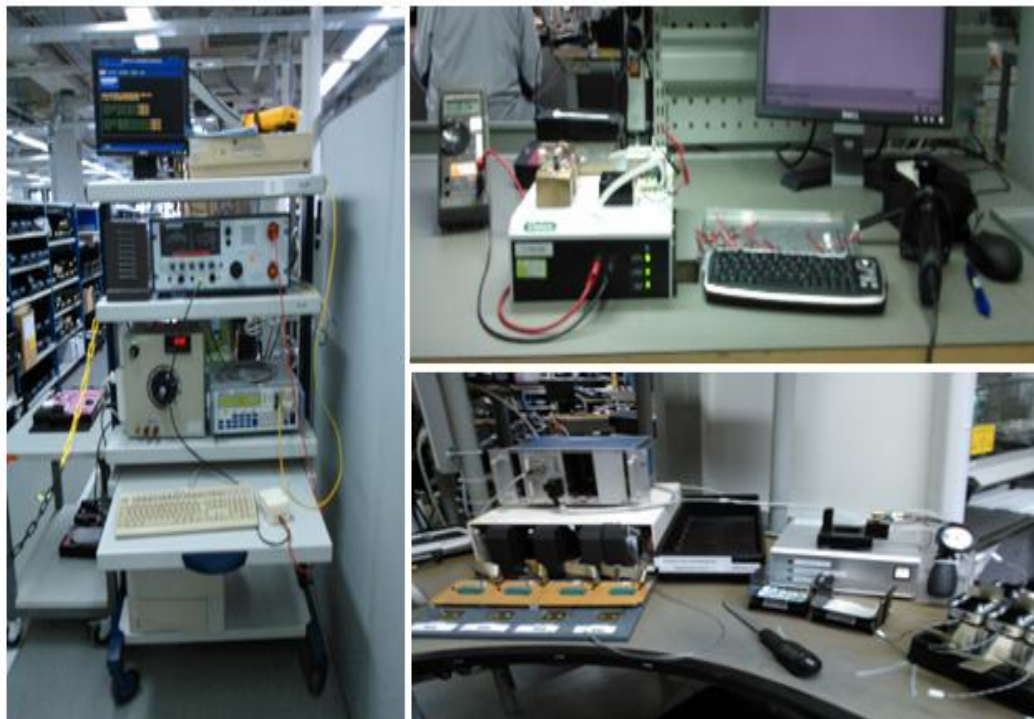
Korttitestien mittausparametreja voivat olla lähtöjännite, *ripple*jännite, jännite*regulointi* tai jännitteenrajoitus. Muita mittausarvoja ovat tehokerroin, hakkuritaajuus, hyötysuhde, virtausrajoitus, akun lataus ja akkukäyttö. Muita anestesiomoduurin testausaiheita on kuvattu tässä työssä pääpiirteittäin.



Kalibrointimittauksissa eli referenssimittauksissa vertaillaan mittauskaasun ja laitteessa virtaavan kaasun arvoja tilavuus- ja massavirtauksilla. Mitataan esimerkiksi desfuraanin kykyä liikkua letkustoissa eli volyymia  $\text{NI/h}$ . N, Norm on kaasun paine tietyssä lämpötilassa,  $\text{l/h}$  on sama kuin litraa/tunnissa.

Laitetestauksen aikana mitataan ja seurataan sekä säädetään lämpötilaa sääkaappi-testauksissa. Lämpötilaa säädetään arvoon  $0 - 60\text{ }^{\circ}\text{C}$  ja ilman suhteellinen kosteus säädetään  $10 - 98\%$ , RH (*Relative Humidity*) alueelle tai absoluuttinen kosteus AH (*Absolute Humidity*)  $0,10 - 0,98$  mittäyksikön alueelle. Laitteen tai yksikön (*unit*) tiiveyttä testataan ”hönkäilytestillä”, tiiveystestin aikana puhallus tiettyyn mittauskohtaan aiheuttaa paineen vaihtelua kaasujen virtaukseen *unitin* sisällä ( $\text{mmHg/min}$ ). [2.]

Kuvassa 2 esitellään, useammasta testilaitteesta ja lisätarvikkeista koostuvia testijärjestelmiä. Pitkissä- ja erilaisissa ympäristön lämpö- ja kosteusolosuhteissa tehtävät mitaukset tehdään sääkaapissa, ”lämpökaappimittaukset”. Sääkaapin testijärjestelmästä ei ole tässä kuvaa, eikä sitä tutkita tässä työssä. Sääkaappimittauksilla määritellään eri lämpötiloissa vaihtelevan paineen avulla kaasujen virtauksia. Virtauksia testilaitteissa säädellään sähkökäyttöisillä venttiileillä ja kuristimilla.



Kuva 2. Vasemmalla testilaitteisto moduulin mittauksiin ja oikealla paineanturin kalvon herkkyyden mittauslaite sekä alhaalla oikealla yksikkökaasumittaus

Kuvassa 2 esitetään testilaitteistoja, joihin sisältyy monien eri parametrien mittauksia, useammilla laitteilla. Oikealla ylhäällä on kalvon herkkyysmittaus. Herkkyydeltään oikeanlainen kalvo kertoo paineen muutokset kaasujen virtauksissa. Alhaalla oikealla kuvataan ”hönkäilytestilaitetta”. Hönkäily tarkoittaa paineen kasvattamista mitattavassa kohteessa ja hönkäilyn aiheuttamien ilmanpaine-erojen vaihteluja. Kuvassa vasemmalla esitettyyn laitteistoon kuuluu tehonsyöttö, jännite- ja virtalähteet. Saman kaltainen kokoonpano tulee sisältymään Genesis Platform testijärjestelmään.

Taulukossa 1 esitellään erilaisia testikohteita ja mitä niistä testikohteista mitataan sekä millä mittaukset tehdään. Testilaitteisiin on asetettu raja-arvot eli *speksit* joita verrataan testin aikana testattavan laitteen antamiin mittaustuloksiin. Vertailussa käytetään referenssejä kuten ilmaa kaasujen virtausmittauksissa. Kaasuja voidaan mitata joko massa- tai tilavuusvirtauksina ja tutkia niiden koostumusta infrapunavalon avulla.

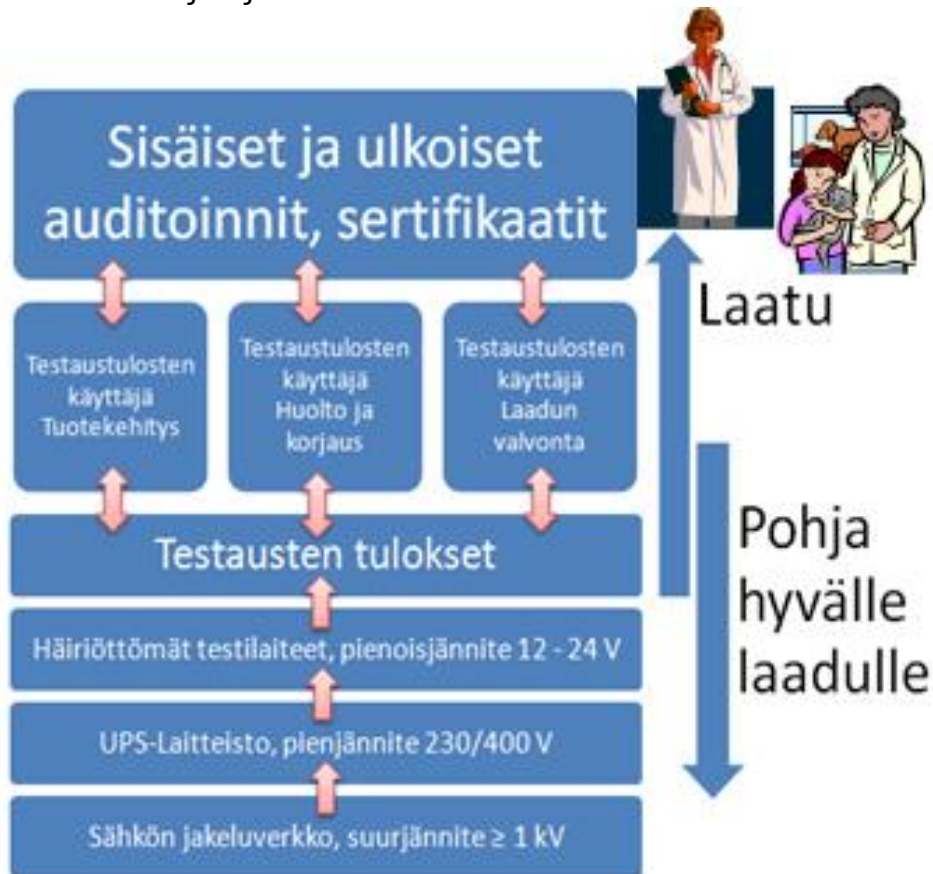
Taulukko 1. Mittauskohteita ja parametreja General Electric Healthcare:n testilaitteilla [2].

mittauskohde tai mallintaminen	taajuus	jännite	virta	paine ja virtaus	tehokerroin, hyötysuhde	mittaustulos
kaapeli		x	x			oikosulku, katkos johdin- ja pinnijärjestys
kalustettu kortti	x	x	x		x	hakkuritaajuus, lähtöjännite, -tulo, rippeljännite jänniteregulointi, -rajoitus, oikosulkuvirta
hehku		x	x			valonjohtokyky
kanavat		x	x			kanavien kirkkaus
simulointi	x	x	x			ihmisen hengitys, lihasvaste, hermojen toiminta
laite tai yksikkö	x	x	x	x	x	lämpötila ja -transientit, lämpötilanmuutos ja ilman kosteuden vaikutukset, tiiveys
kaasut	x	x	x	x		tilavuus- ja massavirtaus tietyssä lämpötilassa, vuoto, koostumus infrapunavalon avulla
jyskytys		x	x			korteille, yksiköille tai laitteille
kalibrointi	x	x	x	x		korteille, yksiköille tai laitteille

Taulukossa 1 esitetyt tiedot on kerätty tuotannossa tehtävistä testauksista. Jyskytystestit ovat jääneet pois monilta laitteilta, koska on saata muita komponenttien tarkastustapoja. Jyskytystesti voidaan tehdä yksikölle tai laitteelle. Jyskytyksellä etsitään katkot ja viat, kun kiihtyvyyden huippuarvo on 60 - 70 G. Jyskytyslaite toimii moottorilla ja vaatii suurempaa virtaa kuin muut testilaitteet [2].

Lukuisien testausten jälkeenkin sähköllä toimivat laitteet ovat herkkiä muutoksille ja häiriöille. Pienikin sähköhäiriö voi aiheuttaa harmeja, vaikka laite olisi hyvin suunniteltu. Laitteet kehittyvät nopeasti ja kehityksessä täytyy pysyä mukana. Sähköjärjestelmien häiriöiden vuoksi testauksista voidaan saada tuloksia, jotka osoittavat laitteen toimivan huonosti vaikka laite olisikin hyvin toimiva.

Moduulituotanto ja niiden testijärjestelmät liittyvät terveydenhoitoon ja ovat tarkan valvonnan alla. Kuvalla 3 halutaan selventää sitä, mikä on tämän työn tarkoitus. Kuvan alinna on yleisimmät sähköverkot ja jännitetasot maailmassa. Verkostossa esiintyviä häiriöitä tutkitaan kappaleessa 5.8. Sähköverkon ominaisuuksien ja häiriöiden tutkimisen jälkeen voidaan päättää millainen UPS tarvitaan. Laadukkaalla sähkönsyötöllä saadaan tarkat testausjärjestelmät ja luotettavia testituloksia. Testituloksia käytetään laadun takaajina ja mittareina. Testitulokset ovat osa sertifiointia.



Kuva 3. UPSin paikka ja tarve testijärjestelmässä Helsingissä

Kuvaan 3 on kerätty asiat jotka tulevat vastaan testijärjestelmien toimintaa ajatellen. Systemin osina toimivat standardit laitteet ja yrityksen asentajien itse valmistamat sähkönsyöttö ja mittalaitteet. Standardilaitteiden yhteensovittaminen ja itsevalmistettujen laitteiden sähköturvallisuus ovat yksi osa tätä testijärjestelmän insinööritoimintaa.

Terveydenhoidon laitteet tulevat pienempi kokoisiksi laitteiksi, joilla potilas voi itse seurata terveydentilaansa. Sydänkäyrän voi lähettää lääkärin tutkittavaksi paikasta riippumatta potilaan omalta mittalaitteelta tai itsestään voi ottaa ultraäänikuvan kipukohdasta. Lääkäri tekee tutkimuksensa etänä ja voi lähettää potilaalle arvion miten vakava tilanne on kysymyksessä. Laittevalmistajan kannattaa pitää tuotelaadusta ja turvallisuudesta hyvää huolta. Sähkönsyötön häiriöt aiheuttavat ongelmia sekä laitevalmistajalle, että laitteen käyttäjille.

Laittevalmistuksen aikana testausajat voivat olla muutamasta minuutista tuntiin tai sääkaapilla 12 tuntia. Testaus keskeytyy tai antaa vääriä tuloksia jos sähkökatkos tulee testin aikana. Se vaatii aina uusinta testejä. Häiriöt lisäävät työtä laitteiden korjaajilla ja uusintatesteissä. Laitteen käyttäjällä ongelmat näkyvät sähkökatkoksen aikana tiedon menetyksenä ja taajuushäiriöiden aikana tieto voi muuttua. Ali- ja ylijännitteiden aikana laite voi toimia hitaasti tai voi tulla toimintakatkoksia. Tässä insinööritoiminnassa selvitetään häiriöt, niiden aiheuttajat ja häiriöiden minimointimahdollisuudet.

### 3 Genesis Platform -laitteiston kokoonpano

Genesis Platform -laitteistoon sisältyy liitteen 1 sivujen 1 ja 2 mukaiset laitteet. Laitteistossa on standardiliitännät tarvittaville lisälaitteille. Lisälaitteita ovat vaihdettavat testifixturet ja testien tarvitsemat jännitteiden ohjauslaitteet. Sähkönsyöttö liitetään laitteistoon UPSin kautta. Genesis Test Platform -testijärjestelmä on globaali ja sen pääasiallisena tarkoituksena on testata ladottuja piirilevyjä (funktionaalinen testaus).

Testijärjestelmän sydän koostuu National Instrumentsin valmistamasta PXI räkistä ja siihen liitetyistä mittakorteista (esim. digitaalinen tiedonkeruukortti DAQ ja yleismittarikortti DMM). Genesis Platform-testijärjestelmä sisältää samoja laitteita kuin nykyinen, vaihto- ja tasavirran syöttölaitteet, mittalaitteita, tehoanalyysointilaite ja PXI-yksikkö mitauskortteineen, PC ja kosketusnäytön sekä näppäimistön.

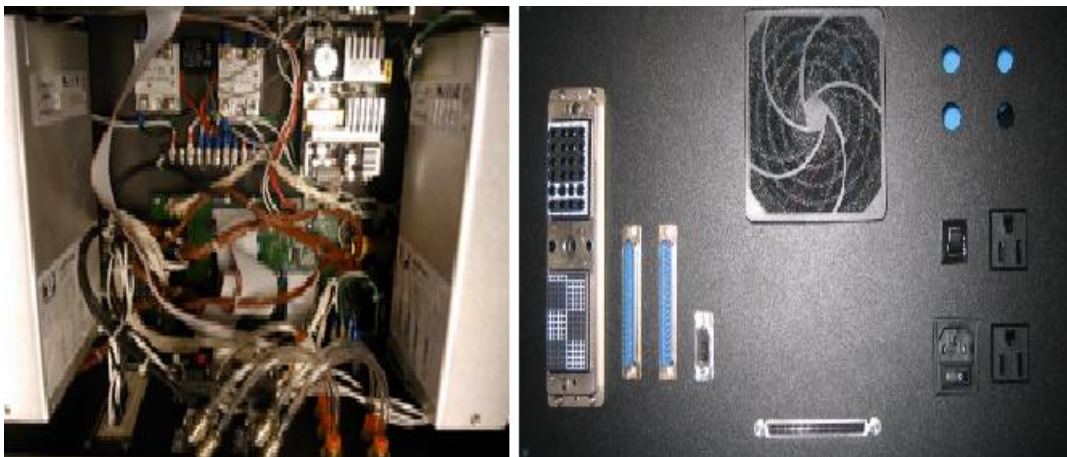
Testijärjestelmä tarjoaa yhtenäisen liityntärajapinnan, jota kuvataan liitteen 1 sivulla 3. Vaihdettavat tuotekohtaiset "testifixturet" kiinnitetään kuvassa 4 esittävään liityntärajapintaan G12x, jonka on valmistanut Virginia Panel Corporation [3]. Se tarjoaa yleisimmät IO-liitynnät, RF-liitynnät, jänniteliitynnät sekä yleisimmät kommunikaatioväylät (RS232, RS485, USB, Ethernet), joita tarvitaan tuotteiden funktionaalisessa testauksessa.



Kuva 4. Liitinrimat pneumatiikalle ja sähkölle [3]

Kuvan 4 oikealla puolella ylimpänä on rimaliitin 510104206, johon liitetään GMFB. GMFB toimii virran syöttöyksikkönä vaihdettaville testausadaptoreille/testifixtureille. GMFB eli *General Multi Function Box* on rakennettu Yhdysvalloissa.

Kuvassa 5 näytetään millainen GMFB-laite on sisältä ja esitetään laitteen takaosan liitännät. Laite sisältää teholähteen ja muuntajia erisuuruisille ohjausjännitteille. Laitteen tarjoamat yleisimmät käyttöjännitteet tuotekohtaisille testifixtureille ovat + 5 V, 2 x 12 V, 2 x 15 V sekä 2 x 24 V. Liittimet näille jännitteille eivät näy kuvassa. Laitteen kytkennät on tehty paikallisen johdinvärien mukaan.

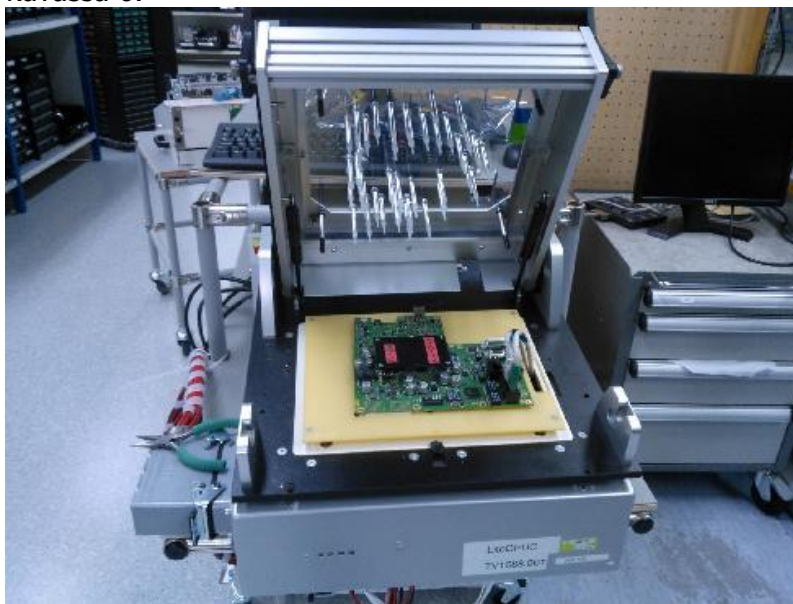


Kuva 5. GMFB-laitteen johdotus ja liitännät



Sähköturvallisuustarkastuksessa huomioitiin kuvassa 5 näkyvät johdinvärit ja se, että laite on rakennettu 120 V nimellisjännitteelle. Sähköturvallisuustarkastuksesta on enemmän kappaleessa 6.1. Kuvassa 5 näkyy kaksi *power*-laitetta johdotuksen kummallakin puolella. Johdotuksen takana on *power*-kortti, jossa on muuntaja ja kortin jäähdityssiilit. Tässä työssä pohdittiin laitteen ilmajäähdytystä tuulettimella. Kuvan alareunassa näkyy letkut pneumatiikkaa varten

GMFB jännitteitä voidaan kytkeä päälle/pois yksitellen IO-ohjauksella. GMFB teholähteitä voidaan kytkeä tarvittaessa sarjaan/rinnan, jolloin saadaan suuremmat jännitteen tai virran antokyky. Teholähteet voidaan kytkeä antamaan negatiiviset käyttöjännitteet. GMFB sisältää paineilman ohjauksen neljälle paineilmalähdölle. GMFB tunnistaa myös onko testifixture paikoillaan. Se voi estää käyttäjää kytkemästä jännitteitä päälle ilman testifixturea. Työssä tarkoitetaan testilaitetta puhuttaessa fixturesta, jollainen esitetään kuvassa 6.



Kuva 6. CPU-kortin testiadapteri/figure testattavan kortin kanssa

Tällainen tuotekohtainen laite, jota esitetään kuvassa 6 on yksi monista korttitestilaitteista. Tuotekohtainen tarkoittaa sitä, että kortteja on erilaisia ja niille erilaisia testiadaptereita. *Fixture*en kuuluu painantamekaniikka, joka näkyi kuvan 6 testifixturen kannen alapuolella. Kannessa tai pohjassa olevilla testineuloilla kytketään testattava tuote testifixtureen (yleensä tuotteessa oleviin testipisteisiin tai liittimien jalkoihin). Testattavan kortin alla on pohjalevy, joka sisältää mittauselektroniikkaa sekä testattavan tuotteen testaukseen liittyviä liittäntöjä.

Laite sisältää IO-ohjauksia tai relekytkentöjä. Kuvassa on tuotekohtainen neulalevy ylös nostetun kannen alapuolella. Se tarjoaa nimensä mukaisen neulaliittymän testattavalle kortille. Yleensä testattavalle kortille liitytään testineuloilla piirilevyn pohjapuolelta. Harvinaisissa tapauksissa on käytetty myös kaksipuoleista liityntää, missä myös kortin yläpuolelta on neulaliittynyt kortille. Tunnettuja *fixture*-valmistajia on mm. Ingun ja ATX.

Testifixturen kotelo on alumiinia. Sen sisällä on tuotteen testaukseen tarvittava elektroniikka. Testilaitteen kotelo suojaa laitteen sisällä olevia komponentteja. Sähköisesti suojaava (*electrically protective enclosure*) kotelo suojaa suoralta koskettamiselta ulkoisilta haitoilta kuten pölyltä, kosteudelta ja vedeltä tai mekaaniselta iskulta. Kotelo on vähintään IP2X tai IPXXB. Joissakin tapauksissa kotelointi voi olla luokkaa IP4X tai IPXXD, mutta se ei koske standardilaitteita. IP (*International Protection*) on eurooppalainen kotelointiluokitus. Merkinnän ensimmäinen numero kertoo kosketussuojauksen vierailta esineiltä. 2 tarkoittaa sitä, että suojaus on keskikokoisia kappaleita vastaan, jonka halkaisija on 12,5 mm, eli suojattu sormelta ja sitä suuremmilta. Toinen numero kuvaa vesitiiveyttä, kolmas mekaanisen iskun sietokykyä. Viimeinen kirjain kertoo sen millaiselta kosketukselta kotelo suojaa laitteen sisäosia. Laite on suojattu sormikosketukselta (kirjain B).

Genesis Platform -laitteisto on teräksisen kaapin sisällä. Testi*fixture* liitetään kaapin ulkopuolelta. Teräksisen kaapin ja keskitetyn laitteistokokoonpanon etuina on kaapin antama suoja ympäristön mekaanisilta haitoilta. Kaappi tarjoaa lisäksi turvallisen sähkölaitteiden käytön. Virginia Panel rimaliittimiä kuvataan liitteessä 1, sivulla 3, [3]. Liitinrimat ovat suojassa kosketukselta ja testifixture voidaan kiinnittää siihen koskettamatta tahallisesti tai tahattomasti virrallisia osia. Keskitetylle laitteistolle kehitetään myös oma testiadapteri, jolla testataan ja seurataan laitteiston toimintaa. Suunniteltu laitteistoadapteri kertoo kuormituksen määrän, mahdolliset laiteviat tai varoittaa tulevista toimintahäiriöistä.

Genesis Platform -laitteiston kaappi on Hammond Manufacturing -yrityksen valmistama. Kaappi on koottu kehikosta, seinistä 2 kpl, takaosan ovesta, pohja- ja kattolevystä sekä hyllynkannattimista. Genesis Platformin laitteet sijoitetaan keskitetysti yhden UPSin taakse kaappiin. Kaappia kuvataan tarkemmin liitteessä 1, sivulla 4 [4].

Insinööriyössä vertailtiin Yhdysvaltojen ja SI-järjestelmän mittayksikköjen (SI-järjestelmä *Système International D'unités*; kansainväliset mitta- ja painoyksiköt) eroja sekä tutustuttiin niiden historiaan. Mittayksikköjä tarvitaan tässä työssä laitteiston ulkoista kokoa ja painoa määriteltäessä sekä johtojen poikkipinta-aloja mietittäessä ja teräksen paksuuden luokituksessa.

Jaardi on vanha mitta niiltä ajoilta, kun käytettiin ihmisen vartalon osia mittaamiseen. Jaardi on askel. Askel määriteltiin tarkemmin 3 jalan mittaiseksi myöhemmin. Tuuma saatiin jalkamitasta. 3 jalkaa on 36 tuumaa. Tuuma on käytössä Yhdysvaltojen mittayksikköjärjestelmässä. Yhdysvallat ei ole ottanut virallisesti SI-järjestelmää käyttöönsä vaan käyttää tuumiin perustuvia mittoja. Tuuma merkitään in tai 1" . Yhden tuuman pituus on 2,54 cm tai 0,0254 m. 1800-luvun vaihteessa otettiin käyttöön metrin mitta. Metri määriteltiin kansainväliseksi SI-mittayksiköksi. Pariisissa säilytettävästä alkuperäisestä metrinmittaisesta tangosta voi tarkistaa metrin mitan tarkkuuden.

Pauna tai naula on voiman tai massanpainon yksikkö. Paunan yksiköllä ole tarkkaa arvoa, vaan se vaihtelee käyttötarkoituksen ja -paikan mukaan. Käytetyin paunayksikkö pohjautuu avoirdupois-paunaan, joka on määriteltä tietyn kokoisen tavaran painon mukaan. Esimerkiksi 16 tietynkokoisesta kultarahasta koostuu 16 unssia (oz), ja 16 unssia on 1 pauna. Pauna ei kuulu SI-järjestelmään. SI-järjestelmän painoyksikkö on kilogramma. Kilogramma luotiin yhden vesilitran painon mukaan ja sen prototyyppiä säilytetään Pariisissa.

Paunaa käytetään kahdessa eri tarkoituksessa. Sitä käytetään massan painona tai maan vetovoiman mittayksikkönä. 1 paunan painoinen paino aiheuttaa tietyn painon alustalleen. Silloin sitä käytetään 1 lb voimayksikkönä. 1 lb kuvaa sitä, millä gravitaatiovoimalla maa vetää puoleensa 1 paunan massaa. SI-järjestelmässä voiman yksikkö on N [Newton] ja massayksikkö on kg [kilogramma]. 1 pauna on 453,59237 g.

Kaapin painoa kuvataan voimayksikköinä 145 lbs (naulaa, paunaa), joka on laskureiden mukaan suunnilleen 65,77 kg. Tässä tarkoitetaan paunaa, millä voimalla massa painaa lattiaa. Puhuttaessa kaapin massasta tai laitteiston kokonaispainosta käytetään painoyksikköä *pound* eli pauna. Kaapin kokonaispaino on kaikkine laitteineen 1000 pound, joka on 452,59 kg.



Teräksisen kaapin seinämien paksuus on 16 ga. Taulukossa 2 esitetään Yhdysvaltojen luokittelemat teräksen ja alumiinin paksuudet standardimittoina.

Taulukko 2. Teräs ja alumiinilevyjen paksuuksia tuumina. [5.]

Gauge(ga)	Standard Steel Thickness (inches)	Galvanized Steel Thickness (inches)	Aluminum Thickness (inches)
14	0,0747	0,0785	0,0641
15	0,0673	0,071	0,0571
16	0,0598	0,0635	0,0508
17	0,0538	0,0575	0,0453
18	0,0478	0,0516	0,0403

Taulukossa 2 kuvataan tuumiin perustuvaa paksuusluokitusta, jossa galvanoitujen teräslevyjen (seinät ja ovi) paksuus on 16 ga. Se tarkoittaa 0,0635" ja 1,6129 mm.

#### 4 UPSin valintaan vaikuttavat asiat

Jakelujärjestelmien ja siirtoyhteyksien häiriöt aiheuttavat ongelmia elektroniikalle. UPSin valintaan vaikuttaa se millaiseen sähköverkkoon laite liitetään. Aluksi mietitään, millaisia häiriöitä vastaan halutaan suojautua. Kaikki UPSit eivät suojaa kaikilta häiriöiltä. Seuraavaksi määritellään kuinka laadukasta sähkö halutaan ja miten kriittiseen käyttöön UPS tarvitaan. Näiden kahden asian perusteella valitaan UPSin topologia. Valintaan vaikuttaa kuorman tarvitsema teho. Tehon mukaan valitulle UPSille määritellään nimellisjännitteet ja -virrat. UPS varmistaa tarvittavan jännitetason ja suojaa taajuuksien vaihteluilta. Seuraavaksi pohditaan muita asioita, jotka vaikuttavat UPSin valintaan. UPS (*Uninterruptible Power Supply*) on laite, joka takaa virransyötön sähkökatkosten tai epätasaisen syöttöjännitteen aikana.

UPSin ulkoinen koko valitaan käyttöpaikan ja käyttötarkoituksen mukaan. UPS voi olla kooltaan pieni, joka sopii tietokoneen sisälle korttipaikkaan tai UPS voi olla ison kaapin kokoinen.

Standardikoko U on 1,75 in ja 4,45 cm. Esimerkiksi Genesis Platform -laitteiston yhteydessä tutkittu EATON UPS [6] on kokoa 2U ja Tripp Lite UPS [7] on kokoa 3U.

UPSin tehokkuuteen vaikuttaa näennäisteho ja kuorman tarvitsema pätöteho. UPS-laitteita valmistetaan muutaman sadan volttiamppeerin näennäistehosta, yli 100 kVAiin asti. Tässä työssä on tutkittu tarkemmin 6000 VA UPSia.

UPSin valintaperusteena voi olla säätömahdollisuudet jännitteissä, virroissa, taajuuksissa tai tehoissa. Skaalattavuus on hyvä ominaisuus Genesis Platform -laitteistolle globaalissa käytössä. Sen sijaa kauko-ohjausominaisuutta ei välttämättä tarvita. UPSit sijoitetaan tuotantolinjoille ja niitä on mahdollista ohjata paikallisesti.

Standardi liittimet antavat mahdollisuuden uusien laitteiden lisäämisen UPSiin. Tarkasteltavan UPSin liittäminen laitteistoon tapahtuu katkaisematta virtaa liittämisen ajaksi. Laitteisto tunnistaa, kun UPS liitetään eikä laitteistoa tarvitse kytkeä pois päältä liittämisen ajaksi (HotSwap ominaisuus). Erilaisten moduulien lisääminen UPSin yhteyteen on helppoa, kun laite on modulaarinen.

Tutkittavana oleva UPS on keskitettysysteemi, koska kaikki laitteet ovat yhden UPSin takana. Genesis Platform -laitteisto ei tarvitse keskitetyssä jär-jestelmässä kuin yhden UPSin. Työssä ei tutkita hajautettua järjestelmää.

Työhön valittiin kriittiseen käyttöön tarkoitettu UPS. Se tarkoittaa sitä, että UPS korjaa kaikkia sähköverkon häiriöitä katkottomasti. Eaton 9X, numero 9 tarkoittaa korjattujen häiriöiden määrää.

Häiriöistä kerrotaan enemmän kappaleessa 5.8. Sähköjakeluverkoston häiriöt ovat paikkakunta kohtaisia. Niihin vaikuttaa paikalliset sääolosuhteet ja verkoston kunto. Asiat jotka vaikuttavat häiriöiden ilmaantumiseen kannattaa selvittää paikallisilta sähköjakeluyhtiöiltä. Akkujen määrä on hyvä arvioida tiedossa olevien sähkökatkosten ja tässä tapauksessa kriittisen käytön perusteella. Akuille katsotaan vaihtovälit ja päätetään hävitystavasta ympäristöystävällisesti. Vaihdon voi sopia akun toimittajan tehtäväksi tai tehdä se itse.

UPS:n rinnalla voi olla generaattori pidempi aikaisen sähkökatkoksen varalta tai toinen UPS-järjestelmä. Tarvitaanko laitteiden yhdistelmiä, eli onko laitteiston oltava helposti yhdisteltävissä (redundanttinen).

UPS:n sijoituspaikka voi olla ulkona tai sisällä. Paikassa huomioidaan ympäristöolosuhteet, lämpö, kosteus, pöly ja ulkopuoliset mekaaniset haitat sekä muut laitteet läheisyydessä ja suurissa laitteistossa lattian kestävyys. Ympäristön lämpötila olisi 0 - 40 °C ja varastointi -15...-50 °C.

#### 4.1 UPS:n topologian valinta

*Topologia* eli *teknologia* on UPS:n valintaperuste, kun päätetään miten vaativaan käyttöön ja millaisiin sähköisiin olosuhteisiin UPS hankitaan.

*Off-line*-malli on tarkoitettu PC:n suojaksi. Se syöttää virran akustolle sähköjakeluverosta. Malli suojaa lyhyiltä ali- ja ylijännitteiltä. Mallia ei voi valita sellaiseen käyttöön jossa verkkovirta on huonolaatuista. Off-line UPS ottaa akkujen virran käyttöön sähkökatkoksen alkaessa. Kytkenän hetkellä tapahtuu 5 - 15 ms transienttikatkos. Off-line ja on-line ero on siinä, että off-line ottaa UPS:n akuston käyttöön sillä hetkellä kun katkos tapahtuu. On-line käyttää akkua koko ajan ja lopettaa latauksen, sillä hetkellä kun sähkökatkos alkaa.

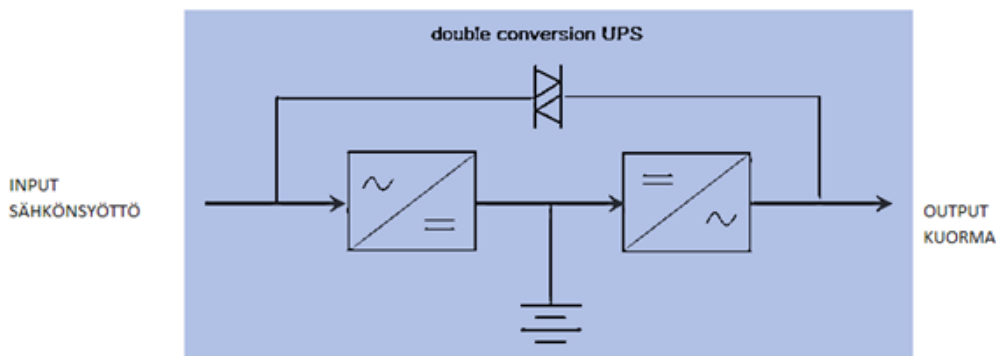
*Line-interaktiivinen* UPS on tarkoitettu teollisuuden IT-järjestelmille. Se suojaa jännitteen pitkä- ja lyhytaikaisilta katkoksilta. Siinä on jännitteen vaihtelujen tasausominaisuus.

*Double conversion* malli on tarkoitettu kriittiseen käyttöön. Se on jatkuvasti toiminnassa, eikä häiriöt tai katkokset aiheuta minkäänlaisia tiedonmenetyksiä tietojen käsittelyssä. Kuvassa 7 kuvataan UPSia, joka ottaa sähkövirran tasasuunnattuna akkuun, korjaa häiriötekijät ja muuttaa virran takaisin vaihtosähköksi. Kuva 7 on otettu mukaan tähän koska tutkittava EATONin UPS on tällainen malli.

*Double conversion* topologiassa saadaan harmoninen särö pudotettua 2 %:iin IGBT-transistoreilla ja IC-komponenteilla. Yleensä harmoninen särö saadaan korjattua 5 %iin aktiivisuodattimilla, jotka koostuvat tyristoreista ja diodeista. *Double conversion-*

teknologia suojaa pitkä- ja lyhytaikaisilta, yli- ja alijännitteiltä, erimittaisilta sähkön katkoilta, taajuushäiriöiltä, kytkentätransienteilta ja harmonisilta yliaalloilta [6].

Kaksoismuunnos muuntaa verkkojännitteen akustoa varten vaihtojännitteestä tasajännitteeksi ja korjaa siinä olevat häiriöt. Akustosta tasavirta muutetaan vaihtojännitteeksi ja samalla korjataan siinä olevat häiriöt. Lähtöjännite on puhdasta AC-sähkövirtaa, jota Genesis Platformin Agile *power*-laitteet käyttää.



Kuva 7. kaksoismuunnos UPS tasasuuntaa syöttöjännitteen akulle ja vaihtosuuntaa jännitteen kuormalle. UPS vaihtaa ja korjaa kuormalle menevän sähkövirran kokonaan. UPS sisältää ohituskytkimen [6;7].

*Double conversion topologia*-mallissa on tasasuuntaaja ja vaihtosuuntaaja, jotka korjaavat sähkönsyötön häiriöiltä täysin. UPSin lähtövirta eristetään kaikilta sähkönsyötön häiriöiltä.

#### 4.2 UPSin akun varakäyntiaika

UPSin valinnan jälkeen selvitetään sopiva varallakäyntiaika. Varallakäyntiajan pituudella on vaatimus, että siinä ajassa laitteisto kykenee tallentamaan keskeneräiset toiminnot ja laitteiston alasajo ehtii tapahtua turvallisesti. Varallakäyntiaika on akun ominaisuus, joka kuvaa sitä kuinka kauan akun lataus on käytettävissä, ennen kuin tarvitaan uusi lataus. Sähkökatkoksen aikana laitteisto käyttää akuston virtaa, joka on varakäyntiaikaa. Akun kunto ja akkujen määrä vaikuttaa varallakäyntiaikaan. Ajan pituus riippuu siitä millaista tehoa akulta tarvitaan. Teho vaikuttaa UPSin akun tai akkujen varallakäyntiaikaan niin, että mitä isompi kuorma, sitä lyhyempi on varallakäyntiaika. Lisäakut antavat pidemmän varakäyntiajan ja latautuminen voi tapahtua toisessa akussa samanaikaisesti. Yksi lisä akusto lisää varakäyntiajan nelinkertaiseksi.

Eaton ja Tripp lite UPSeja näennäistehoalueelta 5000 -6000 VA vertaillaan taulukossa 3. Taulukossa vertaillaan sitä kuinka varallaoloaika muuttuu erilaisilla pätöteho kuormilla ja sitä mitä eroja on eri UPS valmistajien lupaamilla varallakäyntiajoilla. Vertailuun on otettu viisi laitetta. Vihreäksi merkityn alueen on tarkoitus kuvata tehoaluetta, joka sopisi Genesis Platform -laitteistolle.

(1)  $5400/6000 = 0,9$  ja varallakäyntiaika täydellä kuormalla 3 min. Genesis Platformin kuormalla 7 min

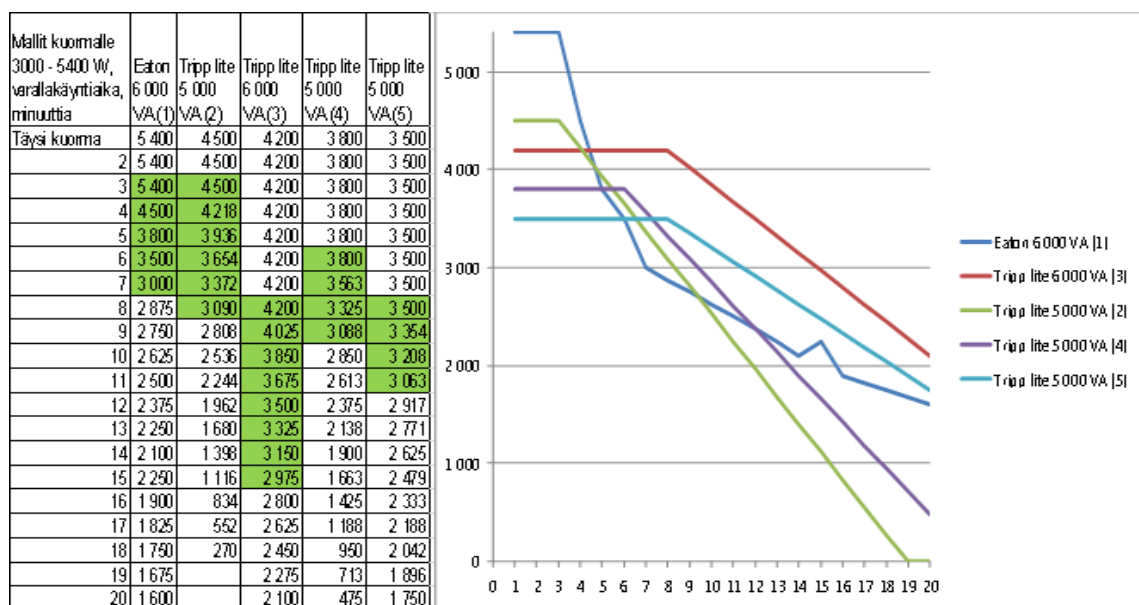
(2)  $4500/5000=0,9$  ja varallakäyntiaika täydellä kuormalla 3 min. Genesis Platformin kuormalla 8 min

(3)  $4200/6000=0,7$  ja varallakäyntiaika täydellä kuormalla 8 min. Genesis Platformin kuormalla 14-15 min

(4)  $3800/5000=0,76$  ja varallakäyntiaika täydellä kuormalla 6 min. Genesis Platformin kuormalla 9-10 min

(5)  $3500/5000=0,7$  ja varallakäyntiaika täydellä kuormalla 8 min. Genesis Platformin kuormalla 11-12 min

Taulukko 3. UPSien varallakäyntien aikojen vertailu Eaton vs. Tripp Lite [6;7]




Taulukon 3 varallakäyntiaikojen vertailusta huomaa, että tehokertoimeltaan paremmalla laitteella on lyhyempi varakäyntiaika. Hyvin tehoa hyödyntävä laite käyttää akkua enemmän ja lyhentää varakäyntiaikaa. Sitä tietoa voi tarvita mietittäessä kuinka monta akkua UPSille tarvitaan. Toisaalta alhaisen tehokertoimen omaava laite käyttää enemmän loistehoa. Silloin mietitään tarvitaanko loistehoa korjaava piiri UPSin rinnalle tai sarjaan.

#### 4.3 Genesis Platform -laitteiston verkkoliitäntä

Verkkoliitäntä valitaan tarvittavan tehon perusteella. UPSin valmistajat neuvovat ja antavat esimerkki liitäntäkalustoja valmistamilleen laitteille. Kuvassa 8 on liitäntäpistoke ja johto tutkittavalle EATON 9X laitteelle, Yhdysvaltojen standardien mukaan. Tutkittavan Eatonin UPSin liitäntäkalusto on NEMAL6-30P.

Suomessa pistoke on pienjännitteellä F-tyyppi tai C-tyyppi. Suuria virtoja vaativat vahvavirtapistokkeet ovat usein kiinteitä, hyvin suojattuja ja lukittavia. Vaatimuksina niille on, lämpökestävyys, roiske- tai vesitiiveys, käyttösovellukset erilaisiin olosuhteisiin kuten merelle, sairaalaan, räjähdysvaaralliseen tilaan sekä minkä suuruiselle virralle se on tarkoitettu.


Electrical Input	
Connection	(1) Terminal block with L6-30P
	
Input Cord	6 feet (1.8 meters)
Input Voltage Range	Full load: 176-276V, Derating: 100-276V
Nominal Voltage	120/208V default (200/208/220/230/240V)
Frequency	50/60 Hz
Frequency Range	60 Hz: 50–70 Hz, 50 Hz: 40–60 Hz
Input Power Factor	>99
Input Current Distortion	<5%


Kuva 8. Eaton sähkönsyöttöliitäntä [6.]

Kuvassa 8 esitetty pistoke ei sovi suomessa käytettäväksi. Pistoke on 30 A (30Plug), standardien mukainen liitäntäkalusto 3-johtimisena. Suojaustapa mitoitetaan jakeluverkon mukaan. Jakeluverkko on mitoitettu niin, että liittymän syötön automaattinen poiskytkentä 230 V@ 32 A, ei ylitä 0,4 s. Oikosulku ja ylikuormitukseen johdon suojana toimii gG-sulake. Ylivirtasuojaja (*overcurrent protective device*) katkaisee virran kun virtapiirin johtimen virta ylittää sille määritellyn arvon tietyssä ajassa. UPS-laitteen kuormitusvirta on  $5400 / (\sqrt{3} * 400) = 26 \text{ A}$ .

Kuvassa 9 ylhäällä esitellään IEC standardien mukainen liitântäkalusto. Yhdysvalloissa käytetyn ja Euroopan vastaavanlaisen pistokkeen eroja ovat johdinvärit. Vaihejohto on musta [ruskea], nollajohto on valkoinen [sininen] ja maadoitusjohto on vihreä [kelta-vihreä]. Hakasulkeisiin on merkitty Eurooppalainen värimerkintä. Kuvan 9 alareunassa esitetään International Configurations, Inc. [8, s. 41] konfiguroima liitântäkalusto nimellisjännitteille 125 - 250 V @ 30 A. Vastaava liitântäkalusto NEMA standardin mukaisena Yhdysvalloissa käytettävälle UPSille kuvataan kuvan alhaalla.

**IEC 60309 POWER CORDS**

30 Ampere 125 Volt, 2 Pole 3 Wire Grounding ..... IEC 60309 4H-P  30 A / 125 V

30 Ampere 250 Volt, 2 Pole 3 Wire Grounding ..... IEC 60309 6H-P  30 A / 250 V

---

**General Specification Data**

Conductor Color Code: North American (N.A.) Black (Line), White (Neutral), Green (Ground)  
International (Int'l.) Brown (Line), Blue (Neutral), Green/Yellow (Ground)

Plug Standards: UL 498, CSA, IEC 60309

Conductor Size / Rating: 10 AWG @ 30 Ampere, 4.0 mm<sup>2</sup> @ 32 Ampere



Jacket O.D. (Approx.): 10 AWG = .670", 4.0 mm<sup>2</sup> = 5.45 mm

Material: PVC, Jacket Color Black, Temperature 90°C, H07RN-F3G Cordage 60°C

Cordage Standards: SOOW, H07RN-F

Cord Set Length: 2.5 meters/8'-2"



**Power Supply Cords**



Catalog #	Rating	Plug Type	Cond's	Length	Component Approvals	
39080 <sup>(1)</sup>	30 A 125 V	4H-P	10/3 AWG	2.5 m/8'-2"	3, 20	
39090 <sup>(1)</sup>	30 A 250 V	6H-P	10/3 AWG	2.5 m/8'-2"	3, 20, 22	
39095 <sup>(1)</sup>	32 A 230 V	6H-P	4.0 mm <sup>2</sup>	2.5 m/8'-2"	22	

NOTE: #39095 supplied with H07RN-F3G, 60°C cordage.  
"CE" Mark on #39095. Recommended for European applications.  
NOTE: Available with "universal" approved UL, CSA, VDE 90°C SOOW-H07RN-F 10 AWG (6.0 mm) cordage #39095-A

**NORTH AMERICAN POWER CORDS**

**2 Pole 3 Wire Grounding**

20 Ampere 125 Volt .....NEMA L5-20P  30 Ampere 125 Volt .....NEMA L5-30P 

20 Ampere 250 Volt .....NEMA L6-20P  30 Ampere 250 Volt .....NEMA L6-30P 

---

**General Specification Data**

Conductor Color Code: North American (N.A.) Black (Line), White (Neutral), Green (Ground)  
International (Int'l.) Brown (Line), Blue (Neutral), Green/Yellow (Ground)

Plug Standards: UL 498, CSA, NEMA, ANSI

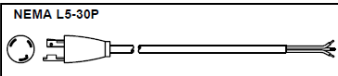
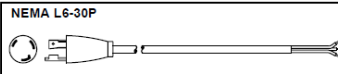
Conductor Size / Rating: 12 AWG @ 20 Ampere, 10 AWG @ 30 Ampere

Jacket O.D. (Approx.): 12 AWG = .445", 10 AWG = .670"

Material: PVC, Jacket Color Black, Temperature 105°C

Cordage Standards: SJTO

Cord Set Length: 2.5 meters/8'-2", 4.6 meters/15'

94950 <sup>(1)</sup>	30 A 125 V	L5-30P	10/3 AWG	4.6 m	3, 20	
94960 <sup>(1)</sup>	30 A 250 V	L6-30P	10/3 AWG	4.6 m	3, 20	

Kuva 9. Liitântä sähkönsyötölle IEC ja NEMA. International Configurations, Inc. Nimellisjännitteille 125 - 250 V ja 30 A virralle sopiva liitântä Yhdysvalloissa [8, s. 31]

## Johtimien poikkipinta-alat ja AWG-luokitus

Johtimien poikkipinta-ala eli johdin paksuus määrittelee minkä suuruisen virran lämmön johdin kestää. Jännitteenalenema huomioidaan pidemmillä johtimilla. Taulukossa 5 esitetään johdinpaksuuksia AWG (tuumina) ja mm<sup>2</sup>. AWG (*American Wire Gauge*) on tuumiin perustuva poikkipinta-ala merkintätapa Yhdysvalloissa. Taulukkoa tarvitaan johtimen määrittelyyn Sunon tuulettimella ja UPSin sähkönsyötölle. Tuulettimen valinnasta kerrotaan liitteessä 1, sivulla 5 enemmän. Työssä tutkitun Eaton 9X6000VA/5400 UPSin sähkönsyötön liitäntäjohto on 10 AWG/5,270 mm<sup>2</sup> @ 30 A ja 12 AWG/3,310 mm<sup>2</sup> @ 20 A. Pistoke on L6-30P.

Taulukko 5. johtimien poikkipinta-aloja tuumina ja neliömillimetreinä

Johtimen valintaan vaikuttaa

Johtimen poikkipinta-ala mm <sup>2</sup>	AWG	Johtimen poikkipinta-ala mm <sup>2</sup>	AWG
42,400	1	1,3100	16
33,600	2	1,0400	17
26,700	3	0,8230	18
21,200	4	0,6530	19
16,800	5	0,5190	20
13,300	6	0,4120	21
10,600	7	0,3250	22
8,350	8	0,2590	23
6,620	9	0,2050	24
5,270	10	0,1630	25
4,150	11	0,1280	26
3,310	12	0,1020	27
2,630	13	0,0804	28
2,080	14	0,0646	29
1,650	15	0,0503	30



## 5 Sähköverkkojärjestelmät

Edison kehitti sähkön tuotantoa ja jakelua. Hän toteutti ensimmäisen sähköjakeluverkon ja sai sille patentin vuonna 1880. Ensimmäinen sähkölaitos otettiin käyttöön samana vuonna. Suomessa ensimmäinen sähkönjakelu tapahtui 1909 Helsingin Energialaitoksen toimesta. Siihen saakka oli käytetty muita tapoja sähköenergian tuottamiseen. Aluksi ei ollut paljon elektronisia laitteita, oli vain hehkulamppu, silloin jännitteen vaihtelun huomasi lampun valon himmenemisenä tai kirkastumisena ja liian suuri virta katkaisi lampun hehkun.

Sähkö voidaan viedä jossakin muodossa kaikkialle maailmassa, silti on paljon paikkoja joista puuttuu sähkö vielä kokonaan. Intiassa sähköliitännän hankkiminen kaikille on hallituksen tavoite. Silti korruptio estää sähköverkoston kehittymisen. Vaikka Intiassa hallitus auttaa korvauksilla sähkön viemistä kaikkialle, se ei toteudu, koska todellisuudessa sähkö menee parhaiten niille joilla on rahaa ja hyviä suhteita. Köyhällä maaseudulla ihmisillä ei ole varaa maksaa ylimääräisiä kustannuksia. Maaseudulla naapurilla voi olla sähköt, mutta aivan vieressä asuva perhe käyttää gerosiini lampputta.

### 5.1 Sähkönjakelujärjestelmien jänniteportaat

Sähköverkostoissa on eroja maailmalla jännitteissä ja johdotuksissa sekä maadoitustavoissa. Jännite lasketaan portaittain alhaisemmalle tasolle sähköntuottajalta sähkökuluttajalle. Kantaverkoissa on suurjännitettä 400 kV ja 220 kV. Alueverkossa jännite siirretään 110 kV voimajohdoilla voimalaitoksilta jakeluun. Sähköä tuodaan ja viedään maiden välillä ja johdotukseen kuuluu siirtojohtoverkostot rajojen yli. Suomen verkoston omistaa Fingrid, joka myy sähköä energiayhtiöille ja valvoo verkon käyttöä.

Yhdysvalloissa oli valmis kattava verkosto, kun muut vasta rakensivat sellaista. Monet laitteet kuten televisio, pesukone ja jääkaappi oli rakennettu toimimaan 110 V nimellijännitteellä. Edison kehitti tasasähköjärjestelmiä ja Edisonin tekemä kehitystyö pienjänniteverkkojen hyväksi on syynä siihen millainen verkosto Yhdysvalloissa on nyt. Silloin ei nähty millaisia mahdollisuuksia vaihtosähkön käyttäminen tuo.

Yhdysvaltojen ei kannattanut investoida myöhemmin uuden verkoston rakentamiseen. Sen sijaan on otettu käyttöön uusimmissa rakennuksissa 240 V nimellijännitteinen rinnakkaisverkko.

Sähkönjakelu tapahtuu portaattain alennettuna jännitteenä, sähkön tuottajalta kuluttajalle. Jänniteportaissa on joidenkin maiden välillä eroja. Britannian keskijännite on 33 kV ja 11 kV. Suomessa keskijännite on 1 - 35 kV sähköä jakeluun [9]. Se missä kohtaa verkostoa sähkönkuluttaja on, määrää käyttöjännitteen tason ja hinnan sekä sen miten laadukasta sähköä kuluttaja saa. Teollisuus saa sähkön keskijännitteestä ja kotitaloudet jakeluverkon pienjännitteestä alle 1 000 V.

Pienjänniteverkon käyttäjät maksavat enemmän sähkönsiirtokustannuksista, koska ovat kauempana siirtoyhteyden toisesta päästä. Kuluttajat saavat käyttöönsä nimellijännitteen jakelumuuntajilta. Yhdysvalloissa 3-vaihejännite tehdään kolmella 1-vaihemuuntajalla. Koska 120 V on pieni jännite, muuntajia on Yhdysvalloissa tiheässä ja lähellä pienjännitteen loppukäyttäjää. Taulukossa 7 esitetään jännitetasoja lähellä sähkön kuluttajaa. Nimellijännite on maailmassa 100 - 240 V. Suurempaa jännitettä vaativa laitteisto voidaan kytkeä käyttämään pääjännitettä, joka on maailmassa 200 - 480 V tai keskijännitettä, yli 1 000 V.

Taulukko 7. Vaihtosähkön ja tasasähkön luokittelu jännitetasoille [10]

Jännitelaji	Suurjännite HV High Voltage	Pienjännite LV Low Voltage	Pienoisjännite ELV, Extra- Low Voltage
VAC	$\geq 1\,000$	50 - 1 000 V	$\leq 50$ V
VDC	$\geq 1\,500$	120 - 1 500 V	$\leq 120$ V

## 5.2 Pienjännitteet sähkönjakeluverkostoissa

Pienjännitetaso haluttiin saada turvallisen alhaiseksi käyttäjää ajatellen ja sellaiseksi, että se riittää kaikissa sähkönkäyttömahdollisuuksissa. Brittein saarella oli käytössä 240 V nimellijännite ja joissakin Euroopan maissa nimellijännite oli 220 V. Ajateltiin 230 V jännitteen olevan sopivasti 220 - 240 V väliltä.

Jännitetaso ei tarvitse olla tarkka ja siksi nimellijännite riittää. Jännite vaihtelee normaalistikin kulutuskuormien vaihtelun mukaan. Vaihtelu voi olla Suomessa 207 - 244 V välillä. Maailman sähköverkostoissa on eroja nimellijännitteissä, taajuuksissa ja johdinmäärissä. Taulukko 6 selvittää asiaa tarkemmin. Laittevalinnassa katsotaan millainen jännitetaso valitaan tarvittavan tehon perusteella. Johdinten lukumäärä määrittelee millainen pistoke laitteelle tarvitaan ja virta vaatii tietyn paksuisen johtimen. Laitteen täytyy toimia samalla taajuudella kuin verkkotaajuus. Laitteet vaativat tietyn teho toimiakseen. Suomessa 230 V toimiva laite ei toimi Yhdysvalloissa ilman adapteria.

Taulukko 6. Maailmassa on erilaisia pienjänniteverkkoja. Eroja on nimellijännitteissä, taajuuksissa ja johdotuksissa

Manner	Maa	1-vaihe-jännite [V]	3-vaihe-jännite [V]	Taajuus [Hz]	Johdin lukumäärä	Pistoke
Aasia	Japani	100	180	50/60	4	A ja B
Aasia	Taiwan	110	200	60	5	A ja B
Amerikka	El Salvador	115	200	60	4	A/B/C/D/E/F/G/I/J/L
Amerikka	Yhdysvallat	120/240	208/415	60	4,5	A ja B
Amerikka	Brasilia	127	220/380	60	4,5	C ja N
Afrikka	Madagaskar	127/220	220/380	50	4,5	C/D/E/J
Aasia	Bangladesh	220	380	50	4,5	A ja B
Afrikka	Namibia	220	380	50	4	D/M
Amerikka	Peru	220	380	60	4	A/B/C
Aasia	Intia	230	400	50	5	C/D/M
Afrikka	Gaza	230	400	50	5	H
Eurooppa	Suomi	230	400	50	5	C ja F
Eurooppa	Romania	230	400	50	5	C ja F
Aasia	Malesia	240	415	50	5	G
Amerikka	Guana	240	415	60	4,5	A/B/D/G
Afrikka	Zimbabwe	240	415	50	4,5	D ja G
Australia	Australia	240	415	50	4,5	I

Suomessakin on ollut käytössä 110 V nimellijännite kuluttajille. General Electricin tiloissa Helsingissä on olemassa vieläkin 110 V rinnakkaisverkko.

Rinnakkaisverkkoa voidaan käyttää silloin, kun testataan Yhdysvaltalaisia laitteita. Tässä työssä ei käytetä 110 V rinnakkaisverkkoa. Taulukkoon 6 on valittu kaikkia nimellisjännitteitä esimerkin vuoksi.

### 5.3 Jännitetason muuntaminen vaarattomalle tasolle, pienoisjännite

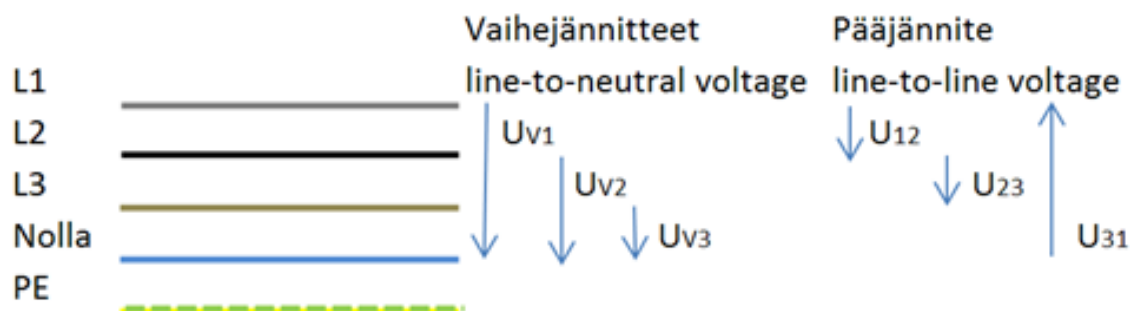
Kaikkein parhain suojautumismenetelmä sähköiskulta on, kun nimellisjännite muutetaan vieläkin pienempään ja turvallisempaan tasoon. Pienoisjännite saadaan turvallisemmaksi muuntamalla se tasajännitteeksi. Silloin jännite voi olla isompikin kuin 50 V, mutta alle 120 V.

Kulutuslaitteiden turvallisuutta lisää vielä se, että muuntajan jännitteiset osat ovat kosketussuojattuja. Muuntajaan ei voi koskea rikkomatta laitetta. Kaikilla kulutuslaitteilla on syöttömuuntajia eli verkkomuuntajia. Esimerkiksi kannettavan tietokoneen laturin kilpitedoissa input on 100 - 240 V/1,5 A ja output on 19,5 V/3,34 A. Suojaerotusmuuntajalla erotetaan ensiöpuolen isompi jännite toision jännitteestä galvaanisesti. Sähkövirta kulkee muuntajassa magneettikenttien avulla ja galvaaninen erotus onnistuu kun magneettikentät ensiön ja toision välillä pitävät piirin jännitteiset osat erillään toisistaan.

- Pienoisjännite suojaustapa on yhdistetty perus-/kosketussuojaus, SELV, *Safety Extra Low Voltage*, ei ole maadoitusta.
- Pienoisjännitteen yhdistetty vika-/kosketusjännitesuojaus, PELV, *Protective Extra Low Voltage*, jonka jännitteelle alttiit osa on maadoitettu. Jännite ei voi ylittää pienoisjännitettä normaaliolosuhteissa tai yhden vian takia.
- Kosketussuoja kun jännite  $U \leq 25 \text{ VAC}$  tai 60 VDC, sykkeetöntä tasavirtaa [10].

## 5.4 Sähkön vaihejärjestelmät ja maadoitustavat

Kuvassa 10 esitetään 1-vaihejännite ja 3-vaihejännite, sekä johtimien värit Euroopassa. 1-vaihe-jännitteessä kaikki kolme vaihetta sykkii samalla taajuudella ja näkyisi oskilloskoopilla yhtenä symmetrisenä sinikäyränä.



Kuva 10. Vaihejännitteet ja pääjännite (nämä johtimien värit ovat käytössä Euroopassa).

Käytössä olevat johtimien värit vaihtelevat paljon maailmassa. Värien perusteella osataan liittää jännitteiset johdot oikein toisiinsa ja oikeisiin pinneihin. Kuvasta 10 näki miten vaihe ja pääjännite määritellään. Vaihejännite on kahden navan välinen ja pääjännite kaikkien vaiheiden välinen jännite. Johdotusten värikooditusta Euroopassa ja Yhdysvalloissa esitetään taulukossa 4, seuraavalla sivulla.

Yhdysvalloissa on käytössä kaksi erilaista väri-luokitusta sähköverkoston johdotuksissa. Yhdysvallan yleinen (*common*) värikooditus on käytössä vanhoissa verkostoissa. Uusimmissa Yhdysvaltojen verkoissa käytetään vaihtoehtoisia (*alternative*) värejä. Tasasähkö kytkentöjen johdinväreillä on lisäksi eroja.

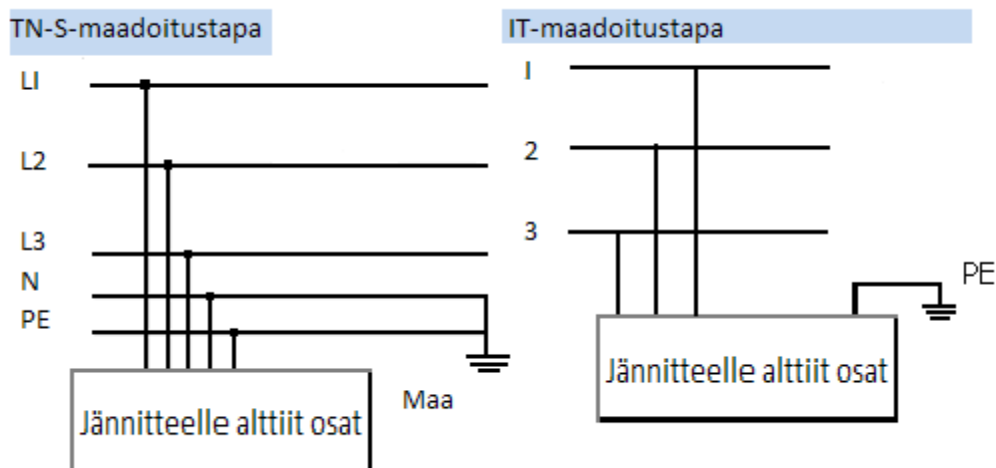
Suomen rakennuksissa on vanhoja johdotusjärjestelmiä, jotka on rakennettu ennen 1990. Niissä on maadoitustapa, jossa 1-vaiheinen nollajohdin toimii paluujohtimena. Nollajohdin kytketään silloin laitteen runkoon. Nollajohdin toimii silloin suojamaadoituksena. Vuodesta 1990 lähtien rakennuksissa on ollut 5-johdin järjestelmä ja TN-S-maadoitus. Siinä on erillinen nolla- ja PE-johto sekä 4 jännitteistä johtoa.

Alternating Current						
MAA	PE	N	L1	L2	L3	L
EUROOPPA	KELTA-VIHREÄ	SININEN	RUSKEA	MUSTA	HARMAA	RUSKEA
US (COMMON)	VIHREÄ TAI KELTA-VIHREÄ	VALKOINEN	MUSTA	PUNAINEN	SININEN	MUSTA TAI PUNAINEN
US (ALTERNATIVE)	VIHREÄ	HARMAA	RUSKEA	ORANSSI	KELTAINEN	
KANADA	VIHREÄ TAI KELTA-VIHREÄ	VALKOINEN	PUNAINEN	MUSTA	SININEN	MUSTA TAI PUNAINEN
Direct Current						
MAA	PE	L+ Positive	L- Negative	M	N	
EUROOPPA 2-johdin systeemi, maadoittamaton	KELTA-VIHREÄ	RUSKEA	HARMAA			
US 2-johdin systeemi, maadoittamaton	VIHREÄ TAI KELTA-VIHREÄ	PUNAINEN	MUSTA			
EUROOPPA 2-johdin systeemi, maadoitettu		RUSKEA	HARMAA	SININEN		
US 2-johdin systeemi, maadoitettu		PUNAINEN	MUSTA		VALKOINEN	
EUROOPPA 3-johdin systeemi maadoitettu		RUSKEA	HARMAA	SININEN		
US 3-johdin systeemi maadoitettu		PUNAINEN	MUSTA		VALKOINEN	

Taulukko 4. sähköpiireissä ja –järjestelmissä käytettävien johtimien värit

Kuvassa 11 on TN-S maadoitustapa, joka on yleisin Suomessa käytetty. TN-maadoitustavalla nolla ja suojajohtimet ovat erillään koko järjestelmässä. PE-johdon maadoitus on jakeluverkossa ja teholähteellä. TN-kytkentätapoja on kolme, TN-S, T-C-S ja T-C. Erot tulevat siitä miten monta jännitteistä johtoa systeemissä on ja miten PE- ja nollajohto yhdistetään maadoitukseen.

Suomessa ei käytetä TT-järjestelmää, koska maaperä on resistiivinen. TT-järjestelmässä maadoitetaan nollajohdin ja jännitteille alttiit osat erikseen. IT-järjestelmää käytetään kriittisissä tiloissa kuten sairaaloissa ja leikkaussaleissa. Siinä järjestelmässä maadoitus on ilman nollajohtoa, jokaisesta jännitteisestä osasta erikseen tai ryhmänä. Samaan suojajohtoon liitetyt osat muodostavat kelluvan potentiaalın tasaussysteemin.



Kuva 11. Yleisin käytössä oleva maadoitustapa on TN-S ja kriittistentilojen IT maadoitustapa

Maadoituksen merkinnöissä käytetään kirjaimia jotka tarkoittavat seuraavaa:

- T= Yksi piste on yhdistetty maahan.
- N= Jännitteelle alttiit osat yhdistetään samaan maadoituspisteeseen, kuin jakelujärjestelmä.
- C= Yhteiset nolla- ja suojamaadoitusjohtimet.
- S = Järjestelmässä on erilliset nolla- ja suojamaadoitusjohtimet kytkettynä maadoitukseen. [10.]

## 5.5 Sähkölaitteiden suojaaminen ylivirroilta

Kuva 12 esittää sähkölaitteiden suojausluokat 0 - 3. Perussuojaus on komponentin kuori. Kuori on sellaista materiaalia, ettei sisäosiin pääse rikkomatta kuorta. Kuvio on kopioitu Metropolian sähkötekniikan opiskelumateriaalista. Kaksoissuojaus on perussuojaus ja jokin lisäsuojauks. Kaksoissuojaus on laitteistolla kotelointi, jonka sisällä on perussuojatut komponentit.

Perussuojaus suojaa jännitteiseen osaan koskettamiselta normaaliolosuhteissa. Kosketusjännitesuoja eli kaksoissuojaus suojaa vian aiheuttaman jännitteisen osan koskettamiselta.

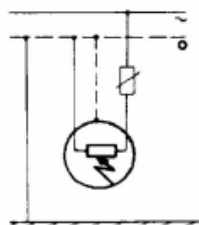
Suojajännitteellä toimiva pienielektroniikka on parhaiten suojattu pienoistasajännitteellä. Sen voi liittää tavalliseen C-typin pistorasiaan. Suojamaadoitettu laite tarvitsee suojamaadoitus SUKO F-typin pistorasian. Suojamaadoitettuja laitteita ovat kotitalouskoneet ja pesukoneet.

EN61558-1

0.luokka

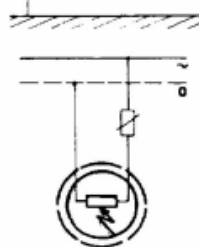
Peruseristys, esimerkiksi komponentin ulkokuori, joka on sähköä johtamatonta materiaalia.

1. Luokka



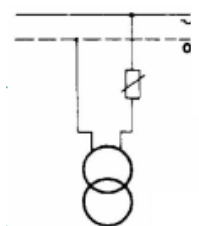
Perussuojauksen lisäksi vikavirta ohjataan PE-johtimelle joka on yhdistetty kiinteän verkon suojajohtimeen. Lisäsuojana käytetään vikavirtakytkintä.

2.luokka



Kaksoissuojaus eli suojaeristys on peruseristysten lisäksi lisäeristys. Jos vikavirran aikana peruseristys pettää on vielä käytössä lisäeristys. Koteloointi voi olla esimerkiksi kaksoiseristys, joka estää jännitteeseen osaan koskemisen vikatilanteessa.

3.luokka



Pienoisjännite muutetaan niin pieneksi ettei se aiheuta vaarallisen suurta virta. SELV- ja PELV-järjestelmät <50 VAC ~ <120



Kuva 12. sähkölaitteiden suojaustavat, -luokat ja merkitseminen

## 5.6 Eristeen DWV läpilyöntilujuus

Sähkölaitteiden ja johtimien suojaaminen liian suurilta virroilta tapahtuu eristämällä. Johtimella eriste on sen muovinen kuori. DWV (*Dielectric Withstanding Voltage*) läpilyöntijännitelujuus on eristeenä toimivan kiinteän- tai nestemäisen materiaalin, kaasun tai ilman ominaisuus, olla se kestävä tietyn suuruisen jännitteen, niin ettei läpilyöntiä tapahdu. Johtimien ympärillä on magneettikenttä joka aiheuttaa aina pientä vuotovirtaa johtojen ympärille. Jos jännite nousee johdoissa jostakin syystä, se voi nostaa vuotovirran liian suureksi eristeelle. Eristys ei enää toimi ja tapahtuu läpilyönti.

Läpilyönti on täydellinen purkaus eristeen läpi. Kahden eristeen rajapinnalla tapahtuva purkaus on ylilyönti. Osittainpurkautuminen tapahtuu useimmiten ilmaeristeissä ja sitä kutsutaan koronaksi.



Ilmaa käytetään eristeenä ilmakaapeleiden välillä ja piirilevyllä komponenttien välillä. Ilman läpilyöntilujuuteen vaikuttaa rasisaika, säätelijät, ilmanpaine, lämpötila ja ilman kosteus. Ilman jännitelujuus on suure, joka on määritelty tilastoilla, siksi sille on olemassa korjauskertoimia olosuhteiden mukaan  $p_0 = 101,3 \text{ kPa}$ ,  $t_0 = 20 \text{ °C}$  on. Jännitekestoisuus normaaliolosuhteissa on ilman dielektrinen lujuus  $3 \text{ kV/mm}$ .

## 5.7 Sähköiskun vaikutukset ihmiselle

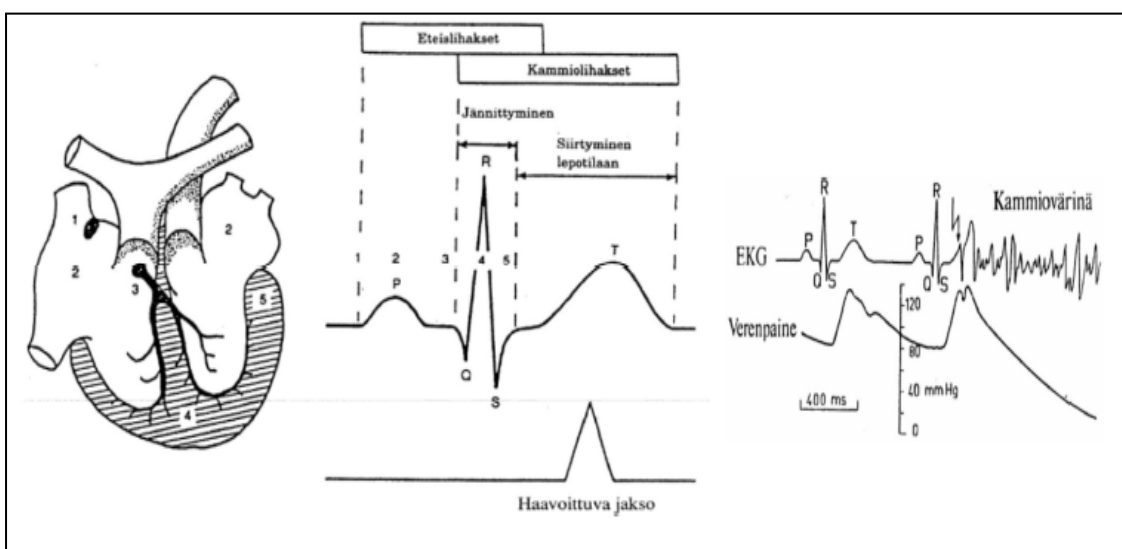
Ihmisen tai eläimen saama sähköisku on vahingollisempi vaihtosähköstä kuin tasasähköstä. Vaihtosähkön taajuuden vaihtelun vaikutus on vahingollista ihmiskehölle. Ajan suhteen sykkivä vaihtosähkö vaikuttaa ihmiskehon hermojärjestelmiin ja sydämen toimintaan pienemmällä virtamäärällä ja lyhemmillä kestoilla kun tasasähköllä. Sähköiskun vaikutukset riippuvat monista eriasioista, mutta aina kyseessä on pieniä virtoja, joilla on vaikutusta. Seuraavaksi on selvitetään sähkövirtoja ja niiden vaikutuksia ihmiselle. Tarkoitus on antaa jonkinlainen kuvaus siitä, kuinka pienillä virroilla on vaaroja ihmiselle sekä kuinka tärkeää sähköturvallisuus on.

Lämpö minkä sähköisku aiheuttaa ihmisen kehossa riippuu virran suuruudesta  $P = R \cdot I^2$ . Ihmisen kokonaisimpedanssi on  $Z_T \approx 1300 \text{ } \Omega$ . Sähköiskun voimakkuus ja sen aiheuttamat vammat riippuvat kosketuspinnan kosteudesta ja laajuudesta, sähköiskun kesto, henkilön ikä vaikuttaa kokonaisimpedanssiin, lisäksi vaikuttaa henkilön kunto ja sydämen toiminta-aika.

Kuvalla 13 seuraavalla sivulla esitetään sydämen toimintajaksoa ja sähköiskun vaikutuksen vakavuutta tietyssä vaiheessa sydämen toimintajaksoa. Sydämen toiminnan vaihe on ratkaiseva, kun jännite kytkeytyy ihmiseen. Alle sydämenjakson pituinen sähköisku aiheuttaa voimakkaan shokkivaikutuksen, mutta ei kammiovärinää. Yli sydämen jakson pituinen sähköisku aiheuttaa, sydämen kammiovärinän, tajuttomuuden ja iholle virran aiheuttamia jälkiä. Sydämen toimintajakson aikana sydänlihakset rentoutuvat sekunnin kymmenesosan ajan ( $\approx 0,16 \text{ s}$ ). Sähköisku jonka saa sydämen lepotilan aikana aiheuttaa pahimmat sähköiskuvauriot.

Pienet milliampeerin virrat vaikuttavat ihmiseen seuraavalla tavalla.

- 1 - 15mA, ihminen tuntee sähköiskun kipuna eikä kykene itse irrottautumaan sähköpiiristä.
- 15 - 30mA, ihminen tuntee supistuksia lihaksissa ja hengitysvaikeuksia, pidempään kestävä sähköisku aiheuttaa verenpaineen nousun.
- 30 - 50mA, pidempiaikainen sähköiskun vaikutus aiheuttaa ihmiselle epäsäännöllistä sydämen toimintaa, veren paineen nousun, voimakkaita kouristuksia, tajuttomuutta ja sydänkammiovärinä on mahdollinen.



Kuva 13. sähköiskun aiheuttama kammiovärinä riippuu sydämen toiminta-ajasta [11.]

Kuvassa 13 olevan sydämen toimintakuvauksen mukaan lepojaksen alussa saatu sähköisku aiheuttaa verenpaineen laskun ja kammiovärinän. Sähköiskulla voi olla muitakin vaikutuksia ja aina jos saa sähköiskun, vaikkei oireita heti tuntuisi, kannattaa käydä lääkärissä. Sähköiskun seuraukset voivat ilmetä vasta myöhemmin ja olla hengenvaarallisia. Yleisin sähköiskun kuolinsyy on sydänkammiovärinä. Suuri virta voi aiheuttaa sisäisiä, näkymättömiä palovammoja. Sisäiset palovammat ja niiden kuona-aineet voivat aiheuttaa myrkytystilan ja pysyvän munuaisvamman.

## 5.8 Sähköhäiriöitä jakeluverkoissa ja elektroniikkalaitteissa

Sähköjärjestelmissä on aina jonkinlaisia häiriöitä. Sähkönjakelujärjestelmät eivät muutu niin nopeasti kuin voisi. Syynä ovat kalliit investoinnit. Verkostoja korjataan Suomessa systemaattisesti, mutta kalliitten laitteistojen uusiminen on hidasta. Häiriöitä voi tulla monessa vaiheessa sähkön muokkauksen aikana. Joissakin maissa ongelmia aiheuttavat sähköverkostojen kunto ja niiden käyttökapasiteetti. Verkosto voi olla vanhentunut tai rikkoutunut eikä sitä kehitetä tarpeen mukaan.

Sähkökatkoksia on ilmajohdoilla enemmän kuin maakaapeloinnissa. Toisaalta maakaapelivikojen korjaus kestää aina kauemmin. Luonnon aiheuttamia vikoja on vaikea ennakoida. Luonnon aiheuttamia vikoja ovat; puun kaatuminen ilmajohdoille, lumikuorma tai jää painaa ja venyttää ilmajohtoja. Laitevikoja, kuten korrosiota ja kulumista kaukana sähköverkostossa saattaa aiheuttaa ilmasto-olosuhteet esimerkiksi pitkäaikaisten sateiden vuoksi.

Suomessa huoltotyöt maakaapeille tehdään kesäaikana pakkasen ja roudan takia. Ilmajojen viat ovat yleisempiä kuin maakaapeleiden. Suomen sähköverkosto on rakennettu niin, että varajärjestelmät ovat helposti yhdistettävissä toimivaan verkkoon. Vaikka verkostot ovat hyvin hoidettuja silti Suomessa tapahtuu sähkökatkoja päivittäin. Usein häiriöt kyetään pitämään sähköntuottajalla ja viat pyritään korjaamaan ennen kuin ne näkyvät kuluttajalla. Aikaisemmin tapahtui suurhäiriöitä, jolloin verkossa oli vikaa useammassa kohdissa samaan aikaan. Joskus vika saattaa olla yli maanrajojen olevissa verkostoissa. Suomi on tippunut oman verkkonsa varaan ja on joutunut toimimaan saarekkeena, kun häiriö on katkaissut virran maiden välillä.

Nykyisin Suomessa sähköjärjestelmien huolto on hyvin suunniteltu ja ennakoitu. Suomessa avojojen laskettu ikä tulee täyteen vuonna 2020, johon mennessä ne täytyy uusida. Niiden elinikä on Suomen ilmastossa 30 - 50 vuotta. Verkoston johdotusta uusittaessa vaihdetaan ilmakaapelointia maakaapeloinniksi. Taulukossa 8 esitetään millaisia sähkökatkoksia on ollut Suomessa vuonna 2013 tammikuu - heinäkuu ajalla eri jännitetasoissa. [12.]

Taulukko 8. Sähkökatkoja Suomessa tammikuu-heinäkuu vuonna 2013 [12]

suurjänniteverkko 110 - 400 kV	virhekytkentä, Ruotsin sisäinen sähkön keskeytys, viallinen SF8-paineanturi, kaapelivika
keskijänniteverkko 10 - 20 kV	jääkuorma venytti ja vioitti johtimen säikeitä, salamanisku, muuntajan säätöjärjestelmän virhetoiminta, releen koestuksessa katkaisijan virhelaukaisu, lumikuorma ja lauhtuva sää taivuttivat puita johdoille, päämuuntaja irronnut verkosta, tuntematon syy ja kaapelivika
pienjänniteverkko alle 1 kV	sähköjakokaapin vika, sähköjohtojen eristeiden palaminen, puu kaatunut sähköjohdoille, muuntamoon päässyt eläin

Taulukosta 8 nähdään, että sähkökatkoksia on ollut enemmän keskijänniteverkossa. Sähköverkkojärjestelmän jänniteportailla on vaikutusta siihen missä vaiheessa jännitteen laatua voidaan parantaa. 110/20 kVin päämuuntajan jännitteensäätöautomaattiikka pitää jännitteen vakiona. Seuraavassa portaassa 20/0,4 kV:n muuntajassa ei ole laitteita, jotka parantavat jännitteen laatua. Tässä portaassa jännitteen tasoa ei voi ohjata silloin, kun verkko on jännitteinen. Jännitetaso jää kuluttajalle sellaiseksi kuin se on saatu verkosta. Riippuen käyttöhetken kuormasta kuluttajalla voi olla jännitesäröä, -kuoppia ja jännitteessä voi olla piikkejä. Pienjänniteverkon katkokset tuntuvat pienemmällä alueella ja ovat nopeampia korjata. Sähkökatkoksia on kaikissa vaiheissa. Seuraavaksi selvitetään häiriöitä tarkemmin.

1. Sähkökatkoksia on erimittaisia ja niillä on monenlaisia vaikutuksia. Lyhyitä sähkökatkoksia tapahtuu ympäristöolosuhteiden vaikutuksesta. Vaikka sähkökatkos kestää alle 1 s, se saattaa resetoita tietokoneen. Suojareleet katkaisevat verkon osan jossa vika on 100 - 150 ms ajaksi, mutta tämä pikajälleenkytkentä saattaa aiheuttaa uuden katkon tai jännitekuopan jos vika ei ole poistunut.

Ukkonen aiheuttaa minuutteja kestäviä sähkökatkoksia. Salaman isku sähköjakeluverkkoon tai puun kaatuminen linjoille aiheuttaa oikosulun ja tunteja kestäviä katkoja sähkövirtaan. Sähkökatkoksen pituuteen vaikuttaa vian paikantamiseen ja korjaamiseen menevä aika. Puun kaatuminen linjoille aiheuttaa usein valokaaren jossa on olemassa aina tulipalovaara.

Riippuen siitä missä päin verkkoa vika on, voidaan käyttää toista verkkoa. Esimerkiksi jos vika on pienjännitepiirissä, yritys voi siirtyä käyttämään keskijänniteverkkoa. Sairaaloissa on käytettävissä aggregaatit turvaamassa sähköt katkon ajan. Agregaatti tuottaa sähköä bensiini- tai dieselmoottorin avulla. UPSin akku pitää virran oikealla tasolla katkon aikana. UPSiin voi sisältyä generaattori eli laturi jolla akkuja ladataan.

2. Jännitevaihteluja ovat yli ja alijännitteet erimittaisina aikajaksoina. Jännitevaihteluja korjataan jännitteentasauspiireillä. Jännitteen vaihteluita korjataan erilaisilla RC-piireillä verkkovirran ja kuorman välillä tai rinnalla. Jännitevaihteluita on suurien tuo-tantolaitosten läheisyydessä enemmän. Saattaa esiintyä yli- ja alijännitteitä silloin, kun suurkulutuslaite liitetään tai poistetaan verkosta. Jännitteenalenema nostaa virtaa ja laitteet, liitännät ja johtimet tulevat palo- ja sähköiskuvaarallisiksi.

Alijännite nostaa virtaa ja voi aiheuttaa läpilyönnin, eli hajottaa eristeitä. Alijännitteen aiheuttaa lumikuorman aiheuttama läpilyönti linjoilla. Läpilyönti aiheuttaa kuormitusta sähkönjakeluun. Alijännitteen huomaa valojen himmenemisenä tai laitteen toiminnan hidastumisena. Salaman isku voimalinjoihin joissa on muuntaja aiheuttaa myös alijännitettä. Salama on tasajännitettä eikä se pääse vaihtosähkömuuntajan kautta. Pitkäaikaisella alijännitteellä toimiva hakkuri-virtalähde voi ylikuormittaa sähköverkkoa ja polttaa sulakkeen.

Maaseudulla voi syntyä ylijännite salaman iskusta ilmajohdoilla joiden välissä ei ole muuntajaa. Salaman iskun aiheuttaman jännitepiikin ainoa keino on irrottaa töpselit pistorasioista ukonilman ajaksi. Lyhyt ylijännite aiheuttaa tietojen katoamista tietokoneelta ja konevikoja. Ukkosella lyhyt ylijännite aiheuttaa tulipalon. Pitkäaikainen ylijännite kuumentaa ja kuluttaa laitteita.

3. EMI-häiriö (*Electro Magnetic Interference*) eli kohina, joka tapahtuu vaihtovirralla kun magneettikentässä tapahtuu muutoksia, esimerkiksi luonnonilmiön aiheuttamana. Kuluttajan itsensä aiheuttamia häiriöitä verkostoon voi olla hyötysignaali, joka toimii haitallisesti muille laitteille.

Hyötysignaalia käyttäviä laitteita ovat radio, matkapuhelimet ja elektroniset avaimet, jotka on suunniteltu tuottamaan tietyn taajuista sähkömagneettista energiaa ympäristöön.

Matkapuhelimeen liittyvän internetin, radion, navigointilaitteen, tutkan tai digitaalisten laitteiden tarvitsemat signaalit saattaa aiheuttaa häiriöitä huonosti suunnitelluissa elektroniikkalaitteissa. RMI (*Radio Magnetic Interference*). Radiotaajuuksien häiriöiden ja transienttien vaimennus tapahtuu sopivaksi katsotulla RC-piirillä.

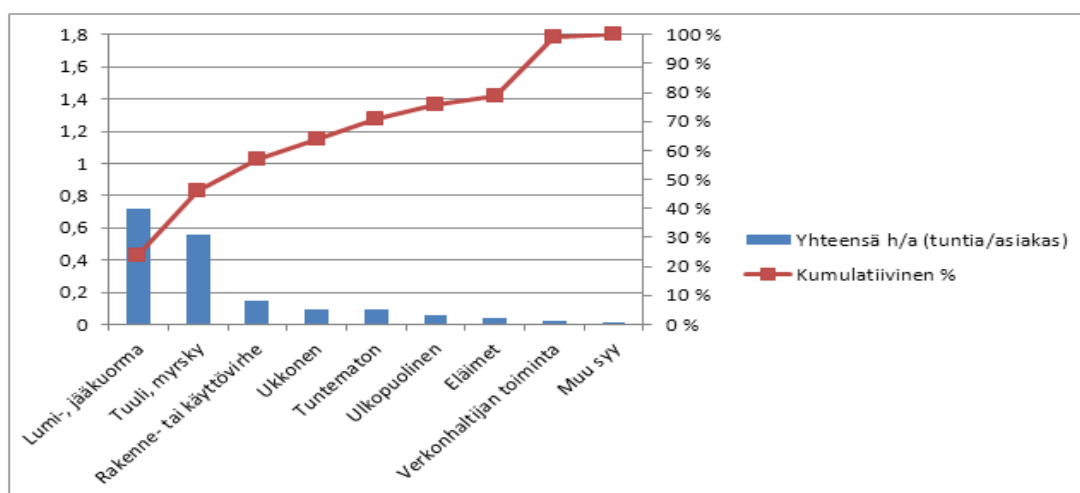
EMC sähkömagneettisesti kytkeytyvät häiriöt ovat häiriöitä laitteiden välillä. Laite voi kestää huonosti häiriöitä tai tuottaa itse häiriöitä muille laitteille. Jännitteen notkahduksia eli kytkentätransientteja tulee lähiverkossa olevilta muilta laitteilta esimerkiksi: kahvinkeitin, jääkaappi, tietokoneet ja loisteputkivalaisimet. Sähkölaitteiden yhteensopivuudessa huomioidaan laitteiden tehokertoimet, kytkentävirrät, epäsymmetrinen kuormitus ja harmoniset yliaallot sekä laitteiden aiheuttamat lyhytaikaiset ylijännitteet.

Sähkön epäpuhtauksia aiheuttavat epätasaisesti kuormittavat laitteet. Epäsymmetrisyys voi syntyä siitä, kun yksivaiheisia kuormia kytketään eri vaiheille epätasaisesti. Yliaaltoja synnyttävät virran tai jännitteen suhteen epälineaariset virtapiirin osat, joiden ottama virta on epäsinimuotoista. Epäsymmetrinen kuormitus huonontaa sähkövirran laatua aiheuttamalla virtojen ja jännitteiden yliaaltoja. Yliaallot aiheuttavat häiriöitä epäsymmetrisessä kuormassa niin että yksi vaihe kuormittuu liikaa. Nollajohtimelle syntyy liian suuria virtoja. Epälineaariset kuormat aiheuttavat harmonista säröä kuten kopiokoneet ja tietokoneet. Taajuus voi vaihdella laitekoonpanojen muiden laitteiden häiriöistä. UPSin sisältämien suodattimien avulla poistetaan haitallisia yliaaltoja.

4. Sähköhäiriöitä Suomessa 2012 kuvataan seuraavaksi Pareton analyysillä. Pareton analyysiin on otettu tutkittavaksi esimerkin vuoksi kuvaamaan sähkökatkosten kestoajoja. Kuvassa 14 seuraavalla sivulla tutkitaan sähkökatkokosten syitä ja kestoja sekä esitetään graafisesti sähköhäiriöiden aiheuttamien ongelmien kumulatiivinen kasaantumista.

Pareton analyysillä näkee kuinka häiriöiden aiheuttamat ongelmat summautuvat. Pienestä viasta voi alkaa iso tai useampien vikojen rypäs ja voi laajeta isolle alueelle. Tämä Pareton analyysi on suuntaa antava. Erilaisilla tilastoilla saisi erilaisia tuloksia riippuen siitä mistä suunnasta asiaa katsoo eikä ole halunnut tutkia vain Helsingin tilannetta.

2012	Yhteensä h/a (tuntia/asiakas)	Kumulatiivinen %	Kokonaismäärä kaikista sähkön keskeytyksistä %
Lumi-, jääkuorma	0,72	24 %	24
Tuuli, myrsky	0,56	46 %	22
Rakenne- tai käyttövirhe	0,15	57 %	11
Ukkonen	0,09	64 %	7
Tuntematon	0,09	71 %	7
Ulkopuolinen	0,06	76 %	5
Eläimet	0,04	79 %	3
Verkonhaltijan toiminta	0,02	99 %	20
Muu syy	0,01	100 %	1
Force Major(ylimääräinen este)	Total 2,14 h	Todellinen tieto 96,7 %	



Kuva 14. Vuoden 2012 tilastot sähköhäiriöiden kestoista Suomessa 96,7 %[12].

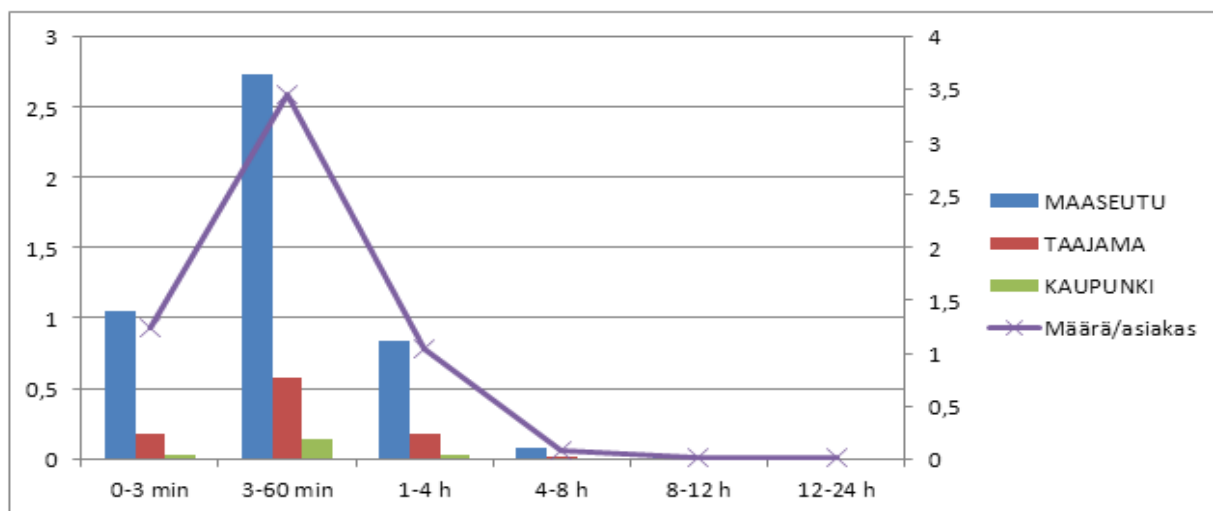
Pareton analyysin säännöllä 80:20 voi ajatella, että pieni harmiton häiriö saattaa aiheuttaa 80 % häiriöiden aiheuttamia ongelmia. Pienten häiriöiden aiheuttamien ongelmien korjaamiseen menee sitten lopulta voimia, resursseja ja kustannuksia 100 %:sti. Siitä voi päätellä miten hyödyllistä on korjata pienetkin harmittomalta tuntuvat häiriöt.

Helsingin kaapelit ovat enimmäkseen maan alla eikä lumi ja jääkuormia tarvitse huomioida. Tarkoitus on kuvata, että häiriöitä ja tutkia kuinka häiriöt voidaan poistaa tai minimoida oikeanlaisella UPSilla.

Voidaan taata testijärjestelmien oikea toimivuus ja sitä kautta oikeat testitulokset. Kuvan 15 tuloksissa on huomioitu kaapelointitapa joka vaikuttaa paljon sähkökatkosten esiintymisiin ja niiden kestoaikoihin. Kuvassa 15 esitetään tilastoa häiriöiden pituuksista Suomessa vuoden 2012 aikana graafisesti. Kuvassa käytettyjä tilastoja löytyy eri sähköyhtiöiden sivuilta internetistä. Niiden avulla voi määritellä millaisiin sähköisiin käyttöolosuhteisiin UPS valitaan. Suomessa verkoston tilanne muuttuu maakaapeloinnin myötä vuoden 2020 jälkeen.

- Maaseutu kaapelointia enintään 30 %
- Taajama kaapelointia vähintään 30 % ja enintään 75 %
- Kaupunki kaapelointia vähintään 75 %

Ajanjaksoissa / 2012	MAASEUTU	TAAJAMA	KAUPUNKI	Määrä/asiakas
0-3 min	1,05	0,18	0,02	1,25
3-60 min	2,74	0,57	0,14	3,45
1-4 h	0,84	0,17	0,03	1,04
4-8 h	0,07	0,01	0	0,08
8-12 h	0,01	0	0	0,01
12-24 h	0,01	0	0	0,01



Kuva 15. sähkökatkoksiin kulunut aika verkkotyyteittäin [12]

Kuvan 15 graafinen osuus esitti sähkökatkoksia joiden kesto jaettiin sähkönkäyttäjien kesken. Maaseudulla tunnin kestävästä sähkökatkoksista tulee 2,74 min jokaista liittymän kuluttajaa kohden. Pidemmistä sähkökatkoista aiheutuneista rahallisista menetyksistä voi hakea sähköyhtiöiltä korvauksia.



Pieniä sähkökatkoksia on vaikeampi arvioida. Analyysi näyttää ongelmien vaikutukset graafisesti ja tulosta voi verrata siihen mitä Genesis Platform -laitteistolla on paremmin. Maailman eri puolilla olevat sääolosuhteet vaikuttavat sähköjakelujärjestelmien kuntoon ja siihen millaisia häiriöitä sähköjakeluverkostossa ilmaantuu eri vuoden aikoina. Taulukossa 9 kuvataan ilmastoeroja ja siitä voi päätellä kuinka vaativiin olosuhteisiin verkostoja rakennetaan ja varaudutaan huoltotöissä. Maailman sääilmiöillä on paikallisia vaikutuksia jakeluverkoston kuntoon ja toimintaan. Myrskyt ja sateet kuluttavat verkostoa. Lumi ja pakkanen sekä ukkonen aiheuttavat sähkökatkoksia. Korkea lämpötila lämmittää avojohtoja, ja lyhentävät niiden kestoikää. Tiedot säähavannoista on kerätty internetsivustoilta maailman eri säähavaintoasemilta.

Taulukko 9. korkeimmat lukemat jotka on saatu säämittauksissa maailmassa.

Kaavio 1. Esimerkkejä maailman ilmaston vaihteluista vuoden ajalta.									
2012	Maailman lämpimin sää	Maailman kylmin sää	Maailman satelisin paikka	Euroopan lämpimin sää	Euroopan kylmin sää	Euroopan satelisin paikka	Suomen lämpimin sää	Suomen kylmin sää	Suomen sademäärä
TAMMIKU	47,5° C Australia	-55,8° C Siperia (Antarktis -48,0 °C)	325 mm Meksiko	28,8° C Espanja	-37,3° C Venäjä	146 mm Sveitsi	5,1° C	-31,5° C	105 mm
HELMIKUU	45,7° C Etelä- Afrikka, Australia	-57,5° C Siperia (Antarktis, -64,7 °C)	293 mm Filippiini	26,6° C Espanja	-42,8° C Ruotsi	149 mm Kroatia	6,6° C	-42,7° C	85 mm
MAALISKUU	46° C Sudan	-50,4° C Siperia (Antarktis -72,1 °C)	444 mm Havaji	29,9° C Espanja	-32,6° C Venäjä	185 mm Espanja	15,8° C	-27,7° C	56 mm
HUHTIKUU	49,5° C Pakistan	-28,9° C Siperia (Antarktis -81,2 °C)	649 mm Japani	39,6° C Espanja	-18,6° C Sveitsi	103 mm Ranska	17,1° C	-28,7° C	73 mm
TOUKOKUU	46,1° C Burma	-39,5° C Siperia (Antarktis -74,5 °C)	367 mm Japani	33,3° C Ukraina	-29,3° C Ruotsi	98 mm Espanja	27,8° C	-11,9° C	105 mm
KESÄKU	51,4° C Saudi- Arabia	-17,1° C Chile (Antarktis -81,2 °C)	592 mm Taiwan	44,4° C Espanja	-10,1° C Norja	148 mm Romania	27,0° C	-2,3° C	142 mm
HEINÄKU	52,2° C Iran, Kalif ornia	-14,4° C Italia (Antarktis -79,8 °C)	691 mm Taiwan	46,1° C Espanja	-14,4° C Italia	107 mm Ruotsi	31,0° C	-1,7° C	243 mm
ELOKU	53,8° C Kuwait	-14,0° C Australia (Antarktis -81,1° C)	570 mm Taiwan	45,4° C Italia	-2,8° C Ruotsi	311 mm Venäjä	25,9° C	-4,8° C	197 mm
SYYSKU	48,3° C Kalifornia	-17,6° C Italia (Antarktis -84,2° C)	573 mm Taiwan	39,9° C Italia	-17,6° C Italia	227 mm Espanja	23,1° C	-5,2° C	177 mm
LOKAKUU	46,5° C Etelä- Afrikka	-47,7° C Siperia (Antarktis -60,5° C)	310 mm Intia	31,4° C Kreikka	-36,1° C Venäjä	215 mm Slovenia	16,0° C	-25,2° C	191 mm
MARRASKUU	45,6° C Kuwait	-35,0° C Siperia (Antarktis -70,9° C)	318 mm Dominikaaninen tasavalta	35,4° C Makedonia	-25,2° C Suomi	202 mm Slovenia	9,4° C	-30,0° C	103 mm
JOULUKUU	47,3° C Australia	-58,6° C Siperia (Antarktis -44,2° C)	337 mm Sri Lanka	26,7° C Espanja	-40,7° C Venäjä	139 mm Espanja	3,6° C	-34,7° C	103 mm

## 6 Tarkastukset ja päätökset Genesis Platformille

Sähköverkot rakennetaan standardien mukaan. Kansainvälisesti käytetään IEC (*International Electrotechnical Commission*) ja euroopassa CENELEC (*European Committee for Electrotechnical Standardization*) standardien ja sopimusten mukaan rakennettuja sähkölaitteita ja -verkostoja. Euroopan sähköverkosto käyttää CEN sopimusten piiriin sopivia laitteita, liittimiä ja komponentteja. Vastaava Yhdysvaltojen sopimus on LU, NEMA ja Kanadan CSA (*Canadian Standards Association*).

ETA-sopimus otetaan käyttöön jos tuotteelle ei ole vielä standardia, mutta se on valmistettu ETAN piirissä olevien maiden omien standardien mukaan. ETA (*European Free Trade Association*) on Euroopan Talous Alueen yhteinen sopimus. ETA-sopimus täytetään sillä, että GMFBelle hankitaan sähköturvallisuustodistus. Todistuksella näytetään toteen, että GMFB täyttää standardeja vastaavat vaatimukset. Laitteisto voidaan ottaa käyttöön maassa, jossa ei ole tiettyjä standardeja Genesis Platformin kaltaiselle laitteistolle. Helsingissä ei oteta UPSia käyttöön vähäisen tarpeen takia, mutta Romania voisi tarvita sitä ensimmäisenä.

Standardeilla määritellään laitteille turvalliset käyttöarvot ja toleranssit. Standardit koskevat verkkojen rakentamista ja laitevalmistusta. Yhdysvalloissa on erilainen sähköjärjestelmä ja siksi standardit eivät ole maailman laajuisia. Turvallisuusmääräyksillä valvotaan sähkön oikeanlaista käyttöä sekä ohjeistetaan laitevalmistajia. Niillä on tarkoitus turvata ihmisen, eläimen ja materiaalin turvallisuus ja ekologisuus.

Laitevalmistajilta ei vaadita kaikkia sopimuksia, mutta laitteen tuominen markkinoille ja kuluttajat vaativat todistuksia laadusta. Todistukset voivat olla sertifikaatioita kuten esimerkiksi RoHS-todistus sekä CE-merkki. Standardit eivät ole velvoittavia, jos voi muuten osoittaa toimineensa direktiivien olennaisten vaatimusten mukaan. Suomessa sähköturvallisuutta valvoo TUKES (Turvatekniikan keskus toimii sähköturvallisuuden valvojana Suomessa Kauppa- ja teollisuusministeriön alaisuudessa). Genesisin sähköturvallisuustarkastukset teki Henkilö- ja yritysarviointi SETI Oy päteväksi arvioimasta yrityksestä RTL-Palvelut Oy:stä valtuutettu henkilö.

## 6.1 Sähköturvallisuustarkastus Genesis Platform -laitteistolle

Genesis Platform -laitteistolle tehtiin sähköturvallisuustarkastus 15.8.2013, klo 9 [13]. Tämä ensimmäinen tarkastus (*inspection*) [10] oli silmämääräinen. Tarkastuksesta tehtiin raportti laitteen omistajalle (*reporting*) [10]. Tarkastuksessa todettiin, että kokoonpano sisältää standardilaitteita, joille on valmistajan antamat todistukset. Valmistajan antamia tietoja verrattiin olemassa olevaan laitteistokokoonpanoon. GMFB-laitteelle tehtiin tarkempi tarkastus, koska se on rakennettu Yhdysvalloissa paikallisten asentajien toimesta, eikä ole standardi laite.

Sähköturvallisuustarkastuksessa tehdään jännitteettömiä ja jännitteellisiä testejä sähköturvallisuustarkastuksen aikana. Näitä testauksia ei tehty tällä kertaa. Niitä esitellään seuraavaksi.

Varsinaisia sähköturvallisuustestejä tarkastuksen aikana tehdään kolme: eristeläpilyönti DWV, ylikuormitus ja eristysresistanssimittaus. Ylikuormitusmittauksissa testataan tilanne jossa selvitetään, millä ylikuormitus arvoilla laitteen toiminta on normaali.

HIPOT-testeissä (*High Power Test*) käytetään suurjännitettä laboratorio-olosuhteissa. Testillä selvitetään, minkä suuruisella jännitteellä virta nousee liian suureksi ja lyö eristeiden läpi. Testeillä tutkitaan eristeiden sietokykyä läpilyönneille ja määritellään laitteen tai komponentin jännitteen tai virran turvallinen raja.

Eristysresistanssimittauksilla määritellään eristeen ominainen resistiivisyys tasavirralla. Eristysresistanssin eli johtimien virranvastuskyvyn mittauksilla löydetään asennusvirheet. Apujohtimella liitetään vaiheet ja nolla yhteen, tulos täytyy olla yli 1 M $\Omega$ , mitattuna eristysvastusmittarilla jännitteellä 500 V.

Johdon vikavirtasuojauksen takia huomioidaan suurin impedanssi. Vikavirta ei saa laueta turhaan liian alhaisella virralla, eikä liian suuri impedanssi saa estää laukaisun vaatimaa virtaa vikatilanteessa.

Sähköturvallisuustarkastuksiin kuuluvalla suojajohtimien jatkuvuusmittauksella tarkistetaan johtimien oikea kytkentä, etteivät nolla ja suojajohdin ole vaihtanut paikkaa.

Mitataan 4 - 24 V @ 0,2 DCA. Mittauksissa mitataan kaikki maadoitus, PE ja potentiaalitasausjohtimet sekä PE-napojen ja PE-kiskon välinen resistanssi. Mittauksen tulos täytyy olla 0,1 - 3  $\Omega$ . Ellei ole, tarkistetaan mittaukset vielä silmukkaimpedanssimittauksilla. Mittaus tehdään jännitteisenä ja varmistetaan ennen mittausta, että nollapiirin maadoitus on kunnossa. Mittauksella tarkistetaan syötön automaattisen poiskytkennän toimivuus. Poiskytkennän pitäisi toimia 230 V jännitteellä TN-S systeemissä ajassa 0,4s.

Silmukkaimpedanssin eli virtapiirin sisäisen resistanssin Z avulla määritellään oikosulkuvirta. Sisäinen resistanssi tulee olla pienempi kuin se on määritelty määräyksissä, että katkaisuvirta pysyy oikeana suuruisena. Vikavirtasuojan toimintavirta ei voi laskea, ettei se aiheuta turhia katkoksia laitteistossa. Katkaisu täytyy tapahtua määritellyssä ajassa. [10.]

#### Sähköturvallisuustarkastuksessa löydetty puutteet

1. Todettiin, että hätä-/seisnappi tarvitsee varoituksenkilven. UPSin valmistaja antaa varoituksen, että sen akut ovat virrallisia vielä poiskytkennänkin jälkeen. Akun liittimet ovat jännitteisiä ja kosketusvaarallisia sähkön poiskytkemisenkin jälkeen, niin kauan, kun virta on poistunut maadoituksen kautta [6].

Hätäkatkaisija (*Emergency switching-off*) on räkissä näppäimistön yläpuolella ja kosketusnäytön alla. Painike on käyttäjän oikealla puolella. Se on näkyvällä paikalla. Hätä-/seispainikkeen pohjalla on usein keltainen värialue lisäämässä näkyvyyttä. Tässä sitä ei ole käytetty. Hätä-/seispainike on malli XB4BS8445, kiertämällä avautuva ja punainen ilman kotelointia. Helsingissä laitteisto toimii normaaliolosuhteissa. Ei tarvita, kostean, märän, pölyisen, kuumen, kylmän yms. olosuhteiden kotelointia.

Hätä-/seiskytkennän piiriin kuuluu koko kuorma. Hätä-/seiskytkentä on sellainen, että yhdellä toimenpiteellä saadaan katkaistua sähkönsyöttö koko Genesis Platform -laitteistolta. Sähkön syöttö katkeaa yhdellä napin painalluksella [10, s. 305 - 306 ] UPSin kautta koko laitteistolta.

2. GFMB-laitteen johtimien kytkennät olivat lähellä toisiaan ja teho-, jännite- ja virtalähteitä. Johtimien liittimet olivat avoimia niin, että niihin voi koskettaa yhtä aikaa tahattomasti esimerkiksi ruuvimeisselillä. Kaksoissuojaus toteutettiin toisella kumisukalla. Syynä olivat Suomen ja Yhdysvaltojen väliset erot kytkentätavoissa, johdin väreissä ja nimellisjännitteissä. Kuvassa 5, sivulla 9 näytettiin avoin laite.
3. Kuvassa 16 esitetään Kanadassa kootun GMFB-laitteen liitinjohdotus. Liitinrimaan liitettyjen johtimien värit ovat tasavirran, punainen L+, musta L- ja vihreä on maadoitus. GMFB-laitteen syöttöjännite on ajateltu olevan 120 VAC nimellisjännitteellä. Euroopassa voidaan käyttää samaa laitetta suuremmalla jännitteellä, esim. 230 VAC. Liittimien väliin jää 2 mm ilmaeristys. On olemassa mahdollisuus, ettei ilmaeriste riitä, jos laitevian yhteydessä jännite nostaa virtaa suuremmaksi. Sähköturvallisuustarkastuksen jälkeen ilmaeristeeksi vaihdettiin 4 mm. Urosliittimet ovat 610116112 ja johdot ovat 8 AWG paksuisia.

510104206 - Product Details [1].

	Material	Black PPS
	Temperature	Operating • -55° C to 125° C Non Operating • -65° C to 225 ° C
	Dielectric Withstanding Voltage (DWV)	1500 VDC Min.
	Available Contact Positions	16 Signal/16 Mini Power
	Module Slots Needed	1

Kuva 16. Liitinriman kytkennät Yhdysvaltojen värikoodilla ja liitinriman jännitekestoisuus [3.]

4. GFMB-laitteessa oli kosketussuojaa tarvitsevia osia. Avonaisesta laitteesta näkee, ettei *power*-korttia ja joitakin johtoliitoksia ole peitetty niin, että niihin pääsee tahattomasti koskettamaan. Niiden päälle laitettiin kosketussuojaksi muovilevy. Kuvassa 5, sivulla 9 näytettiin avoin laite.
5. Genesis Platformin kaapissa oli aukko. Aukosta voi pudota esineitä, kynä, ruuvimeisseli tai ruuvi kuvassa 16 näkyneiden johtimien väliin. Liittimien läpinäkyvä kumisukka ei ole rimaliittimeen asti. Väliin jää pieni suojaamaton alue.

Liittimet tarvitsevat kaksoissuojauksen tai parempi, jos aukko kaapissa peitetään. Kaapissa ollut aukko peitettiin. Tuoteluettelosta huomattiin silmämääräisessä tarkastuksessa, että kaapista puuttui siihen tarkoitettu osa 310113433 CAP COVER [3]. Puuttuva osa korvattiin protopajan valmistamalla levyllä.

6. GMFB-laitteen tuulettimelle mietittiin johdinpaksuuksia. Tuuletin tietoa esitetään liitteessä 1 sivulla 5 [16]. Laitteeseen ajateltu tuuletin oli hankittu ilman johdotusta. Tuuletin todettiin sopivaksi ja siihen lisättiin johdotus 24 AWG.

## 6.2 MOC-tarkastukset Genesis Platform -laitteistolle

Uudelle laitteelle tai laitteistolle tehdään General Electrical Healthcaren oma ympäristö-auditointi. MOC-tarkastukset tekee *Enviroment Healthy and Safety* -osasto uudelle tai muuttuneelle toimitilalle, laitteistolle tai projektille.

Turvallisuusvaatimuksia saattaa olla: tilan palovaara, kemikaalit, ergonomia ja yleinen siisteys. Todettiin, että lähellä laitteistoa on palokalusto. Tilassa ei ole herkästi syttyviä tai räjähdysherkkiä materiaaleja eikä kemikaaleja. MOC-auditointi tehtiin 12.9.2013 sähköturvallisuustarkastuksen jälkeen.

Kiinteistöosasto tarkistaa rakennuksen ryhmä- ja pääkeskusvaatimukset sekä teettää tarvittavat muutokset sähköliitانتään. Kiinteistöosasto vastaa yleisistä rakennuksen muutos ja korjaustöistä. Genesis Platform -laitteiston painon vaatiman lattian kestävyys-arviointi kuuluu kiinteistöosaston tehtäviin.

Rakennuksessa on teollisuudelle mitoitettu sähköjärjestelmä johon voi kytkeä 6 000 VA laitteen. Laitteisto liitetään seuraavalla sivulla esitettävän kuvan 17 verkostoon. Rakennuksessa on 2 pääkeskusta, kerroksessa -1. Nousujohtokeskuksia ja ryhmäkeskuksia on joka kerroksessa 4 kpl. Genesis Platform -laitteisto liitetään 5. kerroksen ryhmäkeskukseen RK514.

Ryhmäkeskus RK514  
16 kVA  
Suojavirta 63 A  
TK29 krs.5



Nousujohtokeskus 4  
3 x 35/125 A  
MCMK4 x 10 + 10  
TK29 krs -1



Pääkeskus 1  
Muuntaja T1/DY11  
10/0,4 kV  
800 kVA  
TK29 krs -1

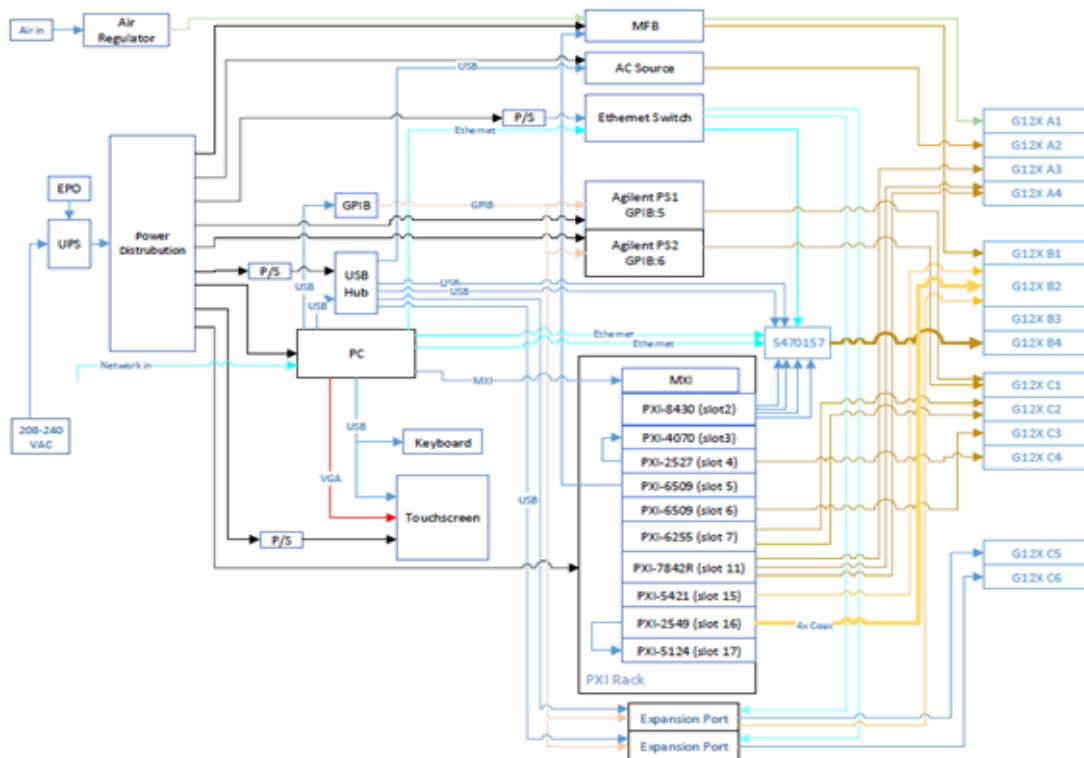


Kuva 17. General Electric Healthcaren sähkönsyöttöjärjestelmä Teollisuuskatu 29:ssä

### 6.3 Sähkösyötön yhdistäminen UPS-laitteeseen

UPS ohjaa laitteistoa jonka kokoonpano/kuorma esitellään kuvassa 18 [14]. Kansainväliseen käyttöön valittiin EATON9PX6KiRTN, 6000VA/5400W, UPS-laite. Tulojännite UPSille on 176 - 276 V. Sen oikosulku virta on 90 A ja toiminta taajuusalue 40 - 70 Hz. Lisävarusteita on akusto 9PXEM180RT ja ohituskytkin MBPKi. UPSin kaapeli EBMCB180 ja liitäntäkalusto CBLADAPT180.

UPSiin liittyvät laitteet ovat standardin mukaisia laitteita ja ne toimivat lineaarisesti. Virran ja jännitteen muutos ei vaikuta poikkeavasti niiden toimintaan. Virtapiirin epälineaarinen osa on testauslaitteisto joka kiinnitetään G12X liittimiin. UPSin ja sen takana olevien laitteiden täytyy kestää suurin jatkuva jännite ja laitteen mitoitustaajuus täytyy vastata virtapiirin taajuutta. Sähkösyötössä huomioidaan vaihtojännitteen tehollisarvo, jolla laitetta syötetään ja todennäköisesti esiintyvät ylijännitteet sekä suurin jatkuva virta.



Kuva 18. UPSin kuorma on koko laitekokonaisuus liitteessä 1, sivulla 1 [14]



Kuvasta 18 nähdään, että UPS ohjaa lähinnä piiriin kuuluvia virta- ja jännitelähteitä. Lähteet antavat sähkönsyötön liittimiin liitetyille testilaitteille. Kuorman jännitelähde pyrkii pitämään kuorman jännitteen vakiona ja kuormassa oleva virtalähde pyrkii pitämään kuorman yli olevan virran vakiona. Seuraavaksi on lueteltu kuorman osat, jotka liittyvät suoraan UPSin taakse.

- GMFB-laite (715 W)
- PXI-yksikkö (925 W)
- 3 kpl N6752A (DC 900 W)
- 2kpl N6773A (DC 200 W)
- AC power source (800 VA )
- liitännät kuorman muille laitteille (expansion port, PC, touchscreen, keyboard)
- yhteensä tehoa jakautuu UPSilta noin 4000 W kuormalle ja 20 % varateholla 5080 W.

Laitteistoilla saaduilla tiedoilla on laskettu puuttuvat tiedot virtapiirin osille Kirchhoffin jännite- ja virtalaeilla. DC osissa teho on  $P = I \cdot U$ . AC osien pätöteho  $P = U \cdot I \cdot \cos\phi$ . Theven ja Norton vastinpiirit voidaan tehdä lineaariselle piirille. UPSin taakse tuleva kuorma voidaan ajatella epälineaariseksi piirin osaksi ja UPS ajatellaan lineaariseksi piirinosaksi. Niiden yhteinen virta ja jännite toimintapiste haetaan työsuoran avulla.

Tehon sovituksessa määritellään maksimi teho  $P = I^2 R$ . Kuorman virran rajoitus määritellään Theven vastinpiirillä. Määritellään kuorman kanssa sarjaan oikean kokoinen vastus, joka rajoittaa kuorman kautta kulkevaa virtaa. Thevenin ja Norton vastinpiirien avulla voidaan selvittää laitteiston oikosulkuvirta, tyhjäkäyntijännite, virran- tai jännitteenrajoitus ja tehonsovitus.

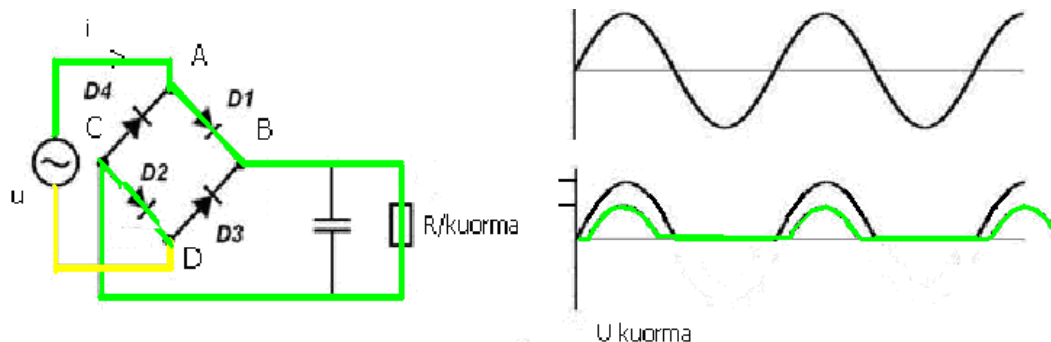
Taulukossa 10 esitetään erilaisia laskettuja arvoja UPSin sähkönsyötölle maailman erisuuruksilla vaihe- ja pääjännitteillä.

Taulukko 10. Genesis Platformin kuorma ja sille laskettuja arvoja eri suuruksilla nimellisjänniteillä

Genesis Platformin kuorma enintään 5400 W	1-vaihejännite $U_v$ , [V]	kuorman impedanssi vaihejännitteellä a $Z=3(U_v)^2/S$ , [Ω]	vaihevirta $I_v=U_v/Z$ , [A]	kuorman virta $I=3I_v$ , [A]	pääjännite $U_p$ , [V]	kuorman impedanssi pääjännitteellä $Z=(U_p)^2/S$ , [Ω]	kuorman virta pääjännitteellä $I=U_p/Z$ , [A]
EATON9X näennäisteho $S=3U_v I_v$ , $S=\sqrt{P^2+Q^2}=6000$ [VA], pätöteho $P=S \cos(\varphi)$ , $P=3U_v I_v \cos(\varphi)=5400$ [W], loisteho $Q=S \sin(\varphi)=2616$ [Var], $\cos(\varphi)=P/S=0,9$ , varallakäyntiaika täydellä kuormalla 7 min	100	5	20	60	180	5,4	34
	110	6	19	57	200	6,7	30
	115	6,6	18	54	200	6,7	30
	120	7,2	17	51	208	7,2	29
	127	8	16	48	220	8,1	28
	220	24	10	30	380	24,1	16
	230	26	9	27	400	26,7	15
	240	28,8	8	24	415	28,7	15
	100	6	17	51	180	6,5	28
	110	7,2	16	48	200	8	25
TRIPP LITE näennäisteho $S=3U_v I_v$ , $S=\sqrt{P^2+Q^2}=5000$ [VA], pätöteho $P=S \cos(\varphi)$ , $P=3U_v I_v \cos(\varphi)=3750$ [W], loisteho $Q=S \sin(\varphi)=3307$ [Var], $\cos(\varphi)=P/S=0,75$ , varallakäyntiaika täydellä kuormalla 11 min	115	7,9	15	45	200	8	25
	120	8,6	14	42	208	8,7	24
	127	9,6	14	42	220	9,7	23
	220	29	8	24	380	28,9	14
	230	31,7	8	24	400	32	13
	240	34,6	7	21	415	34,5	13
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1;"> </div> <div style="flex: 1;"> </div> </div> <p style="text-align: right;">Suomessa 1-vaihejännite, 230 V = <math>\sqrt{3} \times 400</math> V. 3-vaihejännite, pääjännite on 400 V.</p>							

## Tasasuuntaus

UPS sisältää tasasuuntaajan jolla verkkojännite muutetaan akkua varten. Tasasuuntaus esitetään tässä työssä koulussa opitulla periaatteella. Tasasuunnattu jännite ei ole tasajännitettä vaan sekajännitettä. Kuvassa 19 esitetään tasasuuntaus siltakytkennällä. Sinimuotoinen vaihtojännite ja kokoaaltosuunnattu vaihtojännite eli sykkivä tasajännite. Piiri koostuu neljästä siltaan kytketystä diodista.



Kuva 19. sinimuotoisen virran tasasuuntaaminen siltakytkentäisellä diodipiirillä.

Kuvassa 19 on ajateltu näin: pisteessä A diodi D4 on estosuuntainen. Silloin virta kulkee D1:n kautta. Siihen syntyy jännite  $U_K$ . B pisteessä D3 on estosuuntainen ja siksi virta kulkee kuorman kautta. Kuorman rinnalla on kapasitiivinen virran muutoksia korjaava kondensaattori. Kuormaan syntyy jännite  $U_L$ . C pisteessä on jännite  $U_K + U_L$ , potentiaaliero pisteiden C ja A välillä saa D4:n estosuuntaiseksi ja virta kulkee D2 kautta. Samasta syystä D3 on estosuuntainen niin kuin D4. Virta kulkee D2:n kautta jännite-lähteelle ja syntyy suljettu virtapiiri on alhaisemmassa potentiaalitasossa kuin pinta A ja D4 on estosuuntainen sen takia. D1 ja D2 syntyy jännite  $U_K$ . Kirkhoff lailla jännite pii-rissä on  $2U_K + U_L - u = 0$ . Negatiivisella jaksolla virta kulkee D3 ja D4 kautta. Jännite  $U_L$  on  $u - 2U_K$ .

#### 6.4 Yhteenveto

Genesis Platform laitteiston sähkönsyötön häiriöiden korjaamiseen valittiin mahdollisimman tehokas UPS, koska haluttiin huomioida laitelisäykset. Topologiaksi valittiin kaksoismuunnos malli. Genesis Platform -laitteiston on-line kaksoismuunnos UPSissa sähkönsyöttö tapahtuu kokoajan akkujen kautta, sähkökatkoksen alkaessa akkujen lataaminen loppuu. Kriittisessä käytössä testilaitteiston täytyy toimia moitteettomasti sähkön vaihteluista ja ympäristöolosuhteista huolimatta. Valittiin UPS jolla on laajat käyttömahdollisuudet, vaikka koko kuormaa ei käytettäisi, tehoissa on laajentamisen varaa eri käyttökohteissa.

Maailmanlaajuisesti ajatellen on hyvä valita yhden valmistajan laite kaikkiin toimipisteisiin. Saman valmistajan UPSin valitsemisen etuna on, että huoltosopimukset voi tehdä yhden yrityksen kanssa. Vältetään laitteiden ja tietoyhteyksien yhteensopivuus ongelmilta. Yhdenmukaisilla järjestelmillä on helpompi tehdä keskinäisiä sopimuksia ja koulutusta eri toimipisteissä UPS-laitteiston käyttämisessä ja testijärjestelmiin liittyvissä asioissa.

Sähkölaitteistoluokittelussa Genesis Platform -laitteisto kuuluu 1-luokan b. kohdan sähkölaitteistoihin. Perusteluina ovat seuraavat asiat; liitântäteho on 6 kVA, laitteisto ei ole ulko-, räjähdysvaarallisissa-, yleisessä-, tai hoitotiloissa.

Luokan 1b laitteistolle ei tarvitse tehdä käyttöönottotarkastuksen lisäksi varmennus-tarkastustusta. Määräaikaistarkastus sen luokan laitteille tehdään 15 vuoden välein. Genesis Platform -laitteistolle tehtiin kaksi sähköturvallisuustarkastusta ja laadittiin pöytäkirjat. Seuraavaksi ovat poimittu Genesis Platform -laitteistoa koskevat pykälä [15].

*(335/2004) Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen mukaisesti muutetaan sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5 päivänä heinäkuuta 1996 annetun kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen (517/1996) 2 §, 5 §:n 2 momentti, 8, 10–12 ja 14 § ja 17 §:n 1 momentti seuraavasti:*

*2 § Tässä päätöksessä tarkoittaa: 1) luokan 1 sähkölaitteisto: b) muuta kuin asuinrakennuksen sähkölaitteistoa, jonka suojalaitteena toimivan ylivirtasuojan nimellisvirta on yli 35 ampeeria ja joka ei kuulu luokkiin 2 tai 3;*

*5 § Edellä 1 momentista poiketen luokissa 1 ja 2 sekä luokan 3 alakohdissa b ja c tarkoitetuille sähkölaitteiston muutostöille, lukuun ottamatta leikkaussaleissa olevia sähkölaitteistoja, ei edellytetä varmennustarkastusta, kun:*

*1) muutostyön kohteena olevan sähkölaitteiston nimellisjännite on enintään 1 000 volttia sekä työalueen ylivirtasuojan nimellis- tai asetteluvirta enintään 35 ampeeria, jos käyttö- ja huoltotöiden johtajaa ei vaadita, ja muutoin 250 ampeeria*

*10 § Sähkölaitteiston haltijan on huolehdittava siitä, että laitteiston kuntoa ja turvallisuutta tarkaillaan ja että havaitut puutteet ja viat poistetaan riittävän nopeasti.*

*11 § Luokkien 2 ja 3 sähkölaitteistoille on laadittava ennalta sähköturvallisuuden ylläpitävä kunnossapito-ohjelma. Muiden sähkölaitteistojen osalta ohjelma voidaan korvata laitteiden ja laitteistojen käyttö- ja huolto-ohjeilla.*

*12 § Käytössä olevalle sähkölaitteistolle on tehtävä määräaikaistarkastus seuraavasti:*

*1) luokan 1 sähkölaitteistolle asuinrakennuksia lukuun ottamatta viidentoista vuoden välein, mikäli kuitenkin asuinrakennuksen osana on liiketiloja tai muita pääasiassa muuta käyttöä kuin asumista palvelevia tiloja, joiden suojalaitteena toimivan ylivirtasuojan nimellisvirta on yli 35 ampeeria, on näiden tilojen sähkölaitteistoille tehtävä määräaikaistarkastus viidentoista vuoden.*  
[15.]

## Pohdittavia asioita

Eristeläpilyönti-, ylikuormitus- ja eristysresistanssimittauksia ei tehty tällä kertaa ja mietittäväksi jäi, voisiko tulla ongelmia ulostulojännitteen kanssa. Käyttäjä ei tiedä minkä kokoinen kuorma UPSilla on todellisuudessa silloin, kun laitteita vaihdellaan tai jokin laite on vikaantunut.

Toinen pohdittava asia on, millainen varaus akussa on kun sähkökatkos tulee. Entä jos akku on aloittanut juuri latautumisen, eikä akkuvirtaa ole tarpeeksi käytettävissä, jos tulee uusi sähkökatkos. Tarvittaisiinko toinen vara-akku tai UPS-systeemi rinnalle, vikatapauksia varten. UPSin tehoa ei voi parantaa useammalla akulla, mutta varallakäyntiaikaa voi saada enemmän. Yksi lisäakusto kasvattaa varallaoloaikaa nelinkertaiseksi.

Seuraavaksi voi tehdä sähköturvallisuuden vaatimia mittauksia sekä kokeilla ja tehdä mittauksia UPSilla käytännössä. UPSin valmistajalta voidaan tilata laite testauksia varten. Tällä kertaa tässä työssä tyydyttiin valmistajan antamiin teknisiin tietoihin tuoteluetteloissa ja datalehdillä.

## 6.5 Lähteet

1. Instrumentariumista General Electric Healthcare:ksi, Jalas ja Laakso, 2000, Instrumentarium Ensimmäinen vuosisatamme
2. FTK68037, TV369, Hannu Manninen
3. Virginia Panel,[<http://www.vpc.com/solutions/G12x/> ], 23.10.2013
4. Hammond Manufacturin valmistama kaappi; [http://www.alliedelec.com/images/products/datasheets/bm/HAMMOND\\_MFG/70163819.pdf](http://www.alliedelec.com/images/products/datasheets/bm/HAMMOND_MFG/70163819.pdf)], 13.08.2013; [<http://www.hammondmfg.com/>], 23.10.2013
5. Yhdysvaltalainen tuumiin perustuva terä- ja alumiinilevyn vahvuus merkintä, [<http://www.unc.edu/~rowlett/units/scales/sheetmetal.html>], 19.9.2013; mittayksikkömuunnin, [<http://www.dhl.fi/fi/tyokalut>], 19.9.2013
6. Eaton UPS, [<http://powerquality.eaton.com/Products-services/Backup-Power-UPS/9PX.aspx?cx=79>], 10.02.2014
7. Tripp Lite UPS, [<http://www.tripplite.com>], 10.02.2014
8. NEMA pistokeen konfigurointi, [http://internationalconfigurations.com/docs/Catalog\\_CS09/CS09\\_full.pdf](http://internationalconfigurations.com/docs/Catalog_CS09/CS09_full.pdf)], 23.10.2013; [<http://internationalconfig.com/icc6.asp?item=8882199>], 19.09.2013
9. Voimajärjestelmä, [<http://www.fingrid.fi/fi/Sivut/default.aspx>], 13.08.2013; Sähköjakeluverkostot, Erkki Lakervi ja Jarmo Partanen, Sähköjakelu tekniikka, 2012
10. Pienjänniteasennukset ja sähköturvallisuus, 2007, SFS - Käsikirja 600, SFS6000
11. Sähkönvaikutus ihmiselle, Hokkanen, Hannu. Kokkola, Marja-Leena. Pykälä, Jari. Hällström, Arja, SUURJÄNNITTEET ja SÄHKÖTURVALLISUUS, Teknillinen korkeakoulu
12. Sähköhäiriöitä Suomessa, Energiateollisuus ry ET Helsinki julkaisusta, 15.8 2013
13. Ensimmäinen turvatarkastus Reijo Lintunen 09.07.2013

14. Genesis Platform, Genesis User Manual Revision 12; Genesis Platform, [Genesis Specification Sheet (Draft Revision 4)]; [[http://supportcentral.ge.com/products/sup\\_products.asp?prod\\_d=167515](http://supportcentral.ge.com/products/sup_products.asp?prod_d=167515)], 30.07.2013
15. <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Sahkolaitteistot>, 02.04.2014
16. Jäähdytys tuuletin, [http://www.tme.eu/fi/pages/New\\_Product:uudet-super-silence-sarjan-sunon-tuulettimet.html](http://www.tme.eu/fi/pages/New_Product:uudet-super-silence-sarjan-sunon-tuulettimet.html), 10.02.2014

## 6.6 Lyhenteet

DICOM	<i>Digital Imaging and Communications in Medicine</i> ; standardisointi komitea biolääketieteellinen kuvantaminen, kuvan ja tiedon siirto. Jäseniä ovat alan teollisuus, laitevalmistajat ja biolääketieteen organisaatioita
GMFB	<i>General Multi Function Box</i> ; power-laite, joka ohjaa laitteistoon kuuluvia tasavirralla toimivia laitteita
MOC	<i>Management of Change</i> ; muutoksen hallinta prosessi johon liittyy EHS ( <i>Environment Healthy and Safety</i> ) tiimien katselmuksiin muuttuvissa olosuhteissa. Aiheena voi olla vanhan muutos tai uuden tilan rakentaminen tai laitteen/laitteiston hankkiminen sekä väliaikaisratkaisut
NEMA	<i>National Electrical Manufacturers Association</i> ; elektroniikka ja sähköalan kansainvälisiä standardeita valvova neuvosto
RoHs	<i>The Restriction of the use of certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment</i> 2011/65/EU; EU-parlamentin ja Neuvoston laatima säädös terveydelle ja ympäristölle haitallisten kemikaalien käytöstä teollisuudessa; listaan kuuluu: lyijy, elohopea, kadmium, kuudenarvoinen kromi, polybromifenyyli (PBB) ja polybromifenyylietteri (PBDE)
UL	<i>Underwriters Laboratories Inc.</i> USA:n testaus- ja tarkastuslaitoksella on omia standardeja. Standardit eivät ole samoja kuin Euroopan standardit





KOKOONPANO/OSALUETTELO [14]

LIITTYY Testijärjestelmän sähköistys

Laite: Genesis Platform -laitteisto

Pvm: 30.07.2013

---

VALMISTAJAN KUVAUS OSANUMERO/KOODI

36U Rack Cabinet Rack, Hammond C2RR196331BKI

Host PC with MXI card, Hewlett-Packard

Touch screen monitor 19 inch LCD, ELO

Keyboard /Mouse, ELO

Agilent NI PXI-1065, 18-Slot, National Instrument

N6702A, Agilent, National Instrument, 2kpl

National Instruments PXIe-1065 18-slot, 3U PXI Chassis with universal AC Power Supply, 100 -240 V, 700 W

PXI, Cards National Instrument, National Instrument, 10kpl

Programmable AC Power Supply UUT, National Instrument

G12x Interface, Virginia Panel

GMFB, fixed DC PS and Pneumatics

Variable DC Power DC Supply, 2

Emergency switching-off, IDEC Corporation

Eaton 9PX 6000i RT3U tai Tripp Lite SMART5000XFMRL

Agilent N6702A Low-Profile Modular Power System Mainframe, 1200 W, 4 Slots

Agilent N6773A DC Power Module, 20V, 15A, 300W, 2kpl

Agilent N6752A High-Performance Autoranging DC Power Module, 50 V, 10 A, 100 W

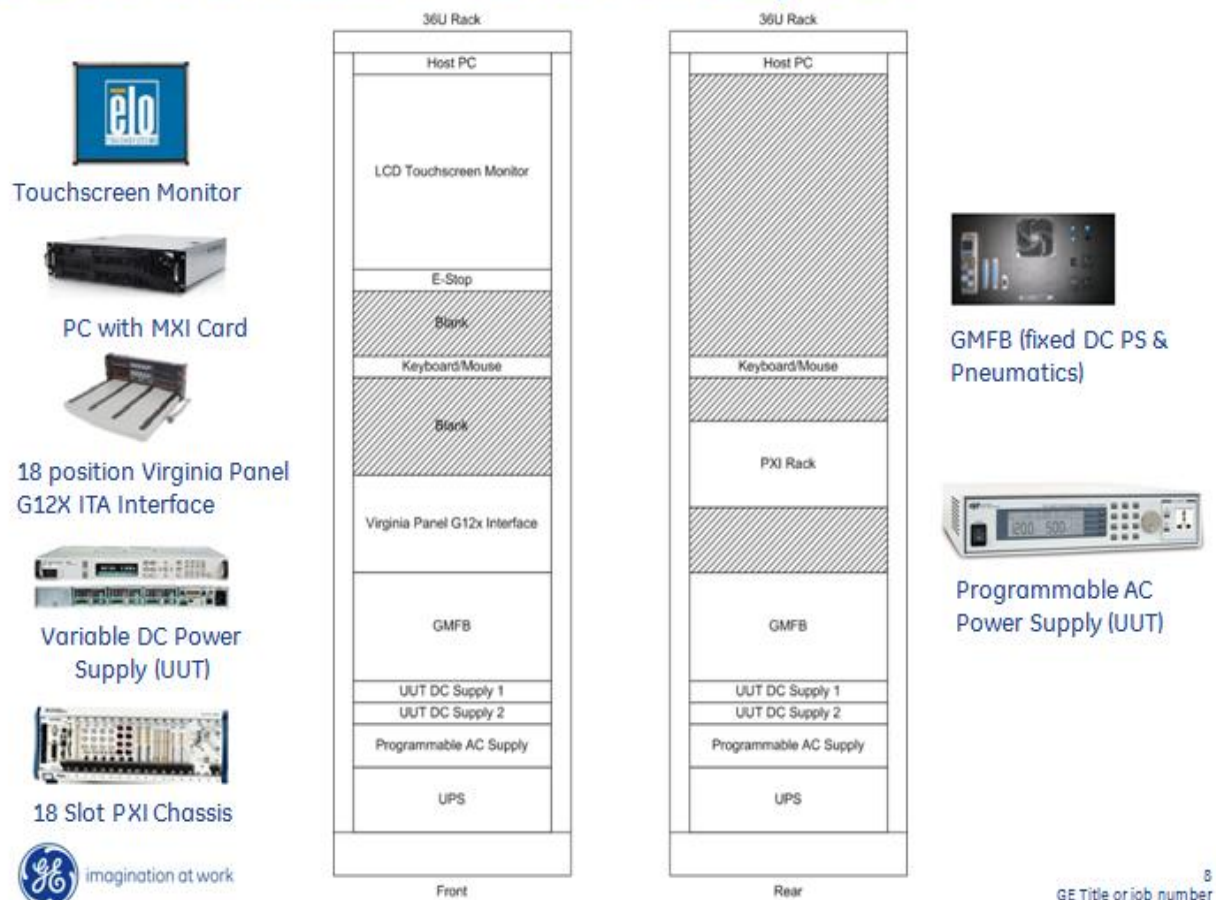
Eaton 9PX6KG Uninterruptible Power Supply, 208 V, 6000VA / 5400 W

## Genesis Platformin layout

Genesis Platform -laitteisto koostuu laitteista, joista on päätetty yhteistyönä kansainvälisesti. Kuvassa 1 näytetään millaisia laitteita Genesis Platformiin on valittu.

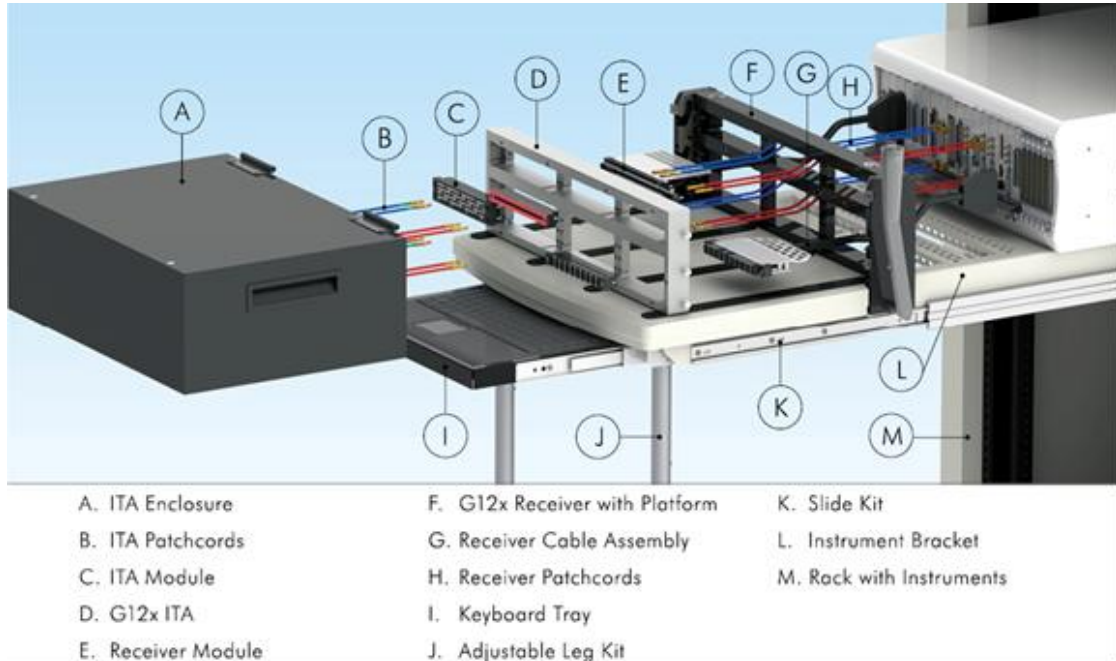
Kuva 1. Genesis kokoonpano [14.]

# Base Genesis Platform Layout



## Genesis Platform laitteiston liitântätaso


Testilaite liitetään Genesis Platform -laitteiston liitântätasoon. Kuvassa 3 esitellään liitântätasoa tarkemmin. Kuvasta näkee millaisista osista liitintaso koostuu. Kuvassa oleva A on laite joka liitetään liitintasoon. Se voi olla testilaite tai GMFB-laite.




Kuva 3. Virginia Panel liitântätaso [3]

Virginia Panel liitinkokoonpano. A on testilaite. Liittimet ovat ITA:n mukaisia. Liitin paneelissa on paikat sähkölle ja pneumatiikalle. Kuva 4 esittää liitintason liittimiä ja itse tasoa sellaisina kuin ne ovat Genesis Platformin kaapissa.

### QuadraTrack™ Engagement




- Engaging Mechanism in the form of a pair of slotted steel slides located in the Receiver
- Distributes uniform pressure to four points on the ITA during engagement and disengagement
- Precise signal integrity between the Receiver and ITA is maintained by QuadraTrack™ engagement system



### Slide Configuration

- The Slide Kits for G12x allow access to test instrumentation and wiring
- Multiple Accessories are available for this configuration such as the Cable Tray and the Keyboard Tray Kit

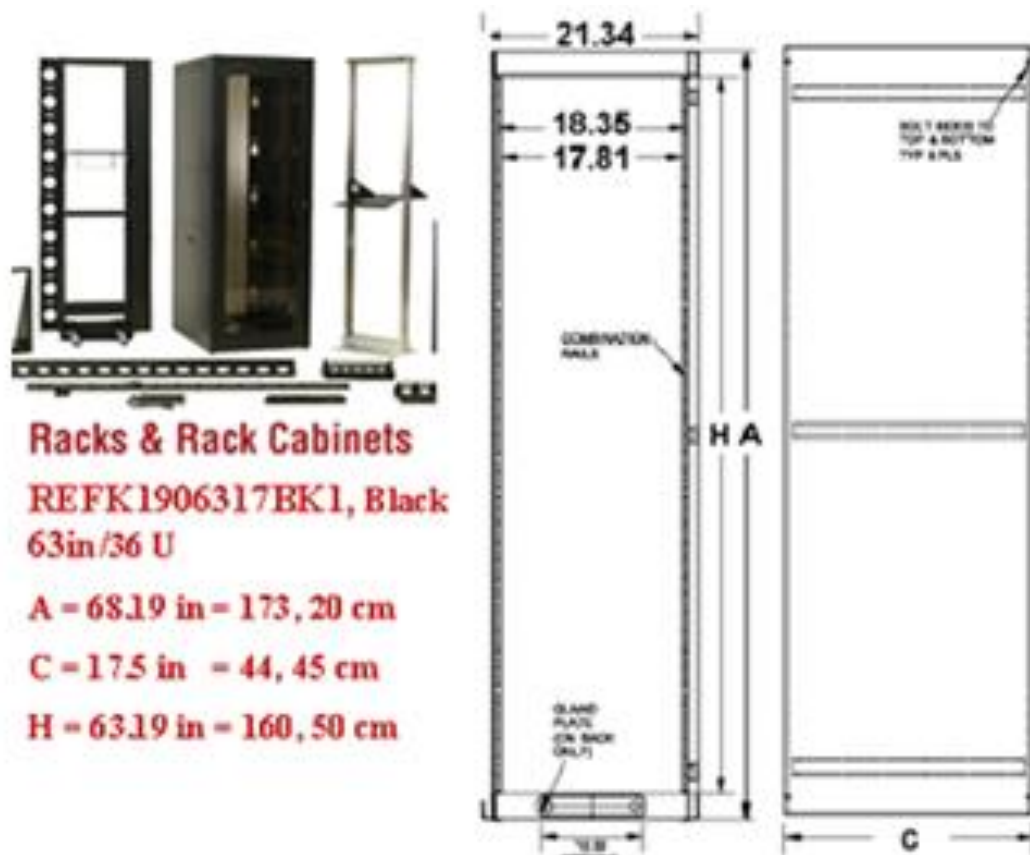


ISO 9001:2008 Certified Copyright © Virginia Panel Corporation, 1999-2013 All rights reserved.

Kuva 4 Virginia Panel liitântätaso [3]

## Genesis Platform -laitteiston teräskaappi

Kokoonpanoon kuuluu teräskaappi [4], jonka sisällä koko keskitetty UPS-järjestelmä on. Kuvassa 2 esitetään kaapin koko ja osat. Kaappi ei ole täysi, eikä ehkä tulekkaan olemaan. Kaikki tarpeellinen on kerätty sen sisään keskitetysti yhteen paikkaan.

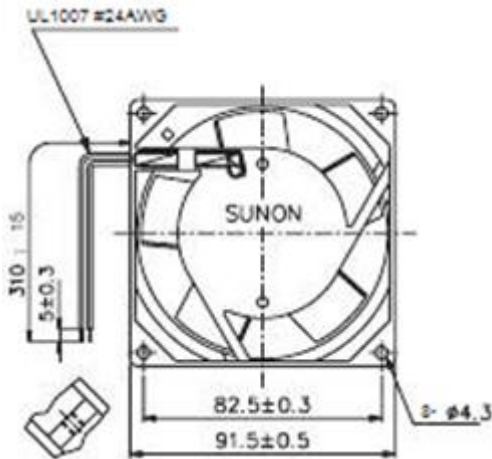


Kuva 2. Kaapin valmistajan tietoja sekä mittoja tuumina ja senttimetreinä [4.]



## Genesis Multi Function Box -tuuletus

Työssä vertailtiin pienellä tasajännitteellä toimivia tuulettimia GMFB-laitteelle ja mietittiin tuulettimen johdotusta. Kuvassa 6 esitellään tuulettimen mittoja ja tuulettimen johdin tietoa.



Kuva 6 Sunon tuuletin joka oli asennettu GMFB laitteeseen [16.]

Tuuletinta tarvitaan komponenttien jäähdytykseen. Laitteen osat tuottavat lämpöä, joka ohjataan kauemmaksi korteilta ja komponenteilta jäähdytyspiilien avulla. Tuuletin vie lämmön siileiltä ja jäähdyttävät komponentteja. Liika lämpö voisi pysäyttää tai hidastaa koneen toiminnan. Siili lisää jäähdytyspinta-alaa. Tuulettimia vertaillaan taulukossa 1 päätöksen helpottamiseksi.

Taulukko 1 Pienoisjännitteellä tai verkkojännitteellä toimiva tuuletin malli [16.].

Tuuletin malli	Mitat	Käyttö-jännite	Virran-kulutus	Kierrokset	melu	Ilma-virtaus	Laake-rointi
<a href="#">CY 204/A</a>	92 x 92 x 25 mm	12VDC	19mA	2600 rpm	35 dBA	57,7 m <sup>3</sup> /h	Liuku-
5,41281E+12							
<a href="#">FBA09A24L</a>							
SF23092A-2092HBT	92 x 92 x 25 mm	24VDC	80mA	2200 rpm	27 dBA	72,6 m <sup>3</sup> /h	kuula
14,5 W Sunon	92x92x	220V AC	70 mA	2350 rpm	37 dBA	50.97 m <sup>3</sup> /h	Kuula
	25mm						
		240V AC	60mA		40 dBA		

GMFB:n jäähdytykseen on valittu tuuletin SF23092A-2092HBT Sunon tuuletin.